



Diana Catarina Simões Vieira **Cartografia de risco de erosão, à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro.**





Diana Catarina Simões Vieira Cartografia de risco de erosão, à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro.

Dissertação desenvolvida na Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Jan Jacob Keizer, PhD, e da Doutora Maria Eufémia Varela Teijeiro., Investigador Auxiliar e Bolseira de Pós-doutoramento do Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

Financiado pela Fundação para a
Ciência e Tecnologia (FCT) com co-
financiamento pelo FEDER no âmbito
do Programa POCI2010

“...And the power's out in the heart of man,
take it from your heart put in your hand.
And there's something wrong in the heart of man,
you take it from your heart and put it in your hand!...”

Arcade Fire

o júri
presidente

Prof.^a Doutor António José Barbosa Samagaio
Professor Associados do Departamento de Ambiente e Ordenamento da
Universidade de Aveiro

Doutor Jan Jacob Keizer
Equiparado a Investigador Auxiliar do Centro de Estudos do Ambiente e do
Mar (CESAM) da Universidade de Aveiro (Orientador)

Doutora Maria Eufémia Varela Teijeiro
Equiparada a Investigadora Auxiliar do Centro de Estudos do Ambiente e do
Mar (CESAM) da Universidade de Aveiro (Co-orientadora)

Prof. Doutor António José Dinis Ferreira
Equiparado a Professor Adjunto no Departamento de Ciências Exactas e do
Ambiente da Escola Superior Agrária de Coimbra

agradecimentos

Agradeço à minha família que sempre me apoiou e entendeu os momentos da minha ausência.

Ao meu namorado Carlos por tudo o que ele teve que suportar, as minhas inquietudes, as minhas obsessões e sobretudo a minha falta de paciência.

Aos meus amigos que estão envolvidos neste projecto, Renata, Joana, Raquel, Xana, Maruxa, Sérgio, Paula e Sílvia. A outros que apesar do pouco tempo que aqui estiveram fizeram toda a diferença, Mika, Robert, Martijn, José, Maria, Carli e Roel.

Agradeço ainda ao meu orientador Jacob Keizer a oportunidade, a compreensão e orientação desta dissertação.

À minha co-orientadora Maria Eufémia Varela e ao João Pedro Nunes que me ajudaram e entenderam as minhas dúvidas mesmo com o tempo tão restrito.

Deixo aqui também um agradecimento especial à Isabel Fernandes, colega de casa, de projecto, de idas ao campo, de saídas à noite, de conversas, de desabafos, e muito mais. Uma amiga inesperada e sem dúvida inesquecível.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que tenham a coragem de ler estas páginas... Boa Sorte!

palavras-chave

Sistemas de Informação Geográfica, Erosão, Incêndio florestal, USLE, MMF

resumo

Esta dissertação tem como objectivo principal a obtenção de um mapa em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com o programa ArcGIS, que descreve o Risco de Erosão numa área sujeita a um incêndio florestal na pequena localidade de Açores.

Para cartografar o risco de erosão do solo foram seleccionados dois modelos. A Equação Universal de Perdas de Solo (Universal Soil Loss Equation – USLE) pelo facto de ter sido escolhida pelo INAG na elaboração do mapa “Perdas de Solo após incêndios Florestais do Verão de 2003” e o modelo Morgan–Morgan–Finney (MMF) pelo facto de apresentar um elevado potencial na determinação de perdas de solo em áreas ardidas.

Devido ao facto de ambos os modelos terem sido desenvolvidos especificamente para áreas agrícolas, pretende-se, neste estudo, avaliar a adequação dos seus resultados para uma área florestal recentemente ardida. Para avaliar os dois modelos, os seus resultados foram comparados com dados anteriormente recolhidos pelo projecto EROSFIRE através de Simulações de Chuva e de Parcelas Abertas, e ainda no âmbito deste trabalho através de uma validação de campo que consistiu numa inventariação de fenómenos erosivos no local.

Tal como era esperado, observam-se falhas na determinação das taxas de erosão segundo os dois modelos e tal facto é justificado por ambos dependerem de factores empíricos que dizem respeito ao coberto vegetal e às práticas de conservação de solo utilizadas (Factor C e P).

keywords

Geographic Information System, Erosion, forest fire, USLE, MMF

abstract

The main objective of this thesis is to obtain a Geographic Information System map that describes the Erosion Hazard in an area on the little village of Açores after a forest fire.

To follow up this proposed aim, two referenced erosion models were selected. The Universal Soil Equation (USLE) because was chosen by INAG to built the map "Soil losses after forest fires in 2003 summer" and the Morgan-Morgan-Finney model (MMF) because presents a high potential in determination of soil losses in burnt areas.

Due to the fact that both models were developed specifically to be applied in agricultural land fields, it is a purpose in this study to evaluate the relation of its results in a recent burnt area. Through Rainfall Simulation and Open Plot data that was collected by the EROSFIRE project in 2005/2006 year, and also with a Field Validation based on a survey for erosion features that was made in this study, the difference between the reality and the applied models will be exposed.

As is was expected, the detected weakness of the obtained erosion risk models results is justified due to, both models depend on empirical factors (C and P) that correspond to cover and management and support practice factor respectably.

Índice

Índice de Figuras	iii
Índice de Tabelas	vii
1. Introdução	1
1.1. Projecto Erosfire	1
1.2. Incêndios Florestais e Erosão do Solo	2
1.3. Objectivos	5
2. Modelação de Erosão	7
2.1. Universal Soil Loss Equation (USLE)	7
2.1.1. Introdução.....	7
2.1.2. R – Índice de Erosividade	8
2.1.3. K – Índice de Erodibilidade	11
2.1.4. LS – Índice Topográfico	13
2.1.5. C – Factor Cultural.....	14
2.1.6. P – Factor de praticas de conservação do solo	15
2.2. Morgan - Morgan - Finney Model (MMF)	16
2.2.1. Introdução.....	16
2.2.2. Energia da Precipitação.....	17
2.2.3. Determinação da Escorrência.....	19
2.2.4. Desagregação de partículas de solo pelo impacto das gotas	21
2.2.5. Desagregação de partículas de solo pela escorrência	22
2.2.6. Capacidade de transporte da escorrência	23
2.2.7. Estimativa da Erosão	23
3. Área de Estudo.....	25
3.1. Localização Geográfica	25
3.2. Tipo de Solo	27
3.3. Clima	28
3.4. Uso do Solo.....	30
3.5. Locais de Monitorização	32

4. Materiais e Métodos	35
4.1. Simulações de Chuva	35
4.2. Parcelas Abertas.....	39
4.3. Trabalho Laboratorial.....	43
4.3.1. Determinação de Concentração de Sedimentos e Matéria Orgânica ...	44
4.3.2. Determinação de Classes de Textura	45
4.4. Validação de Campo.....	46
4.4.1. Identificação das unidades de gestão florestal e selecção das áreas de inventário	46
4.4.2. Campanhas de Trabalho de Campo.....	51
4.5. Tratamento de dados	55
4.5.1. Dados Transversais	55
4.5.2. Dados de modelação com a USLE.....	57
4.5.3. Dados de modelação com a MMF	61
5. Resultados e Discussão.....	65
5.1. Simulações de Chuva	65
5.2. Parcelas Abertas.....	71
5.3. Validação de Campo.....	76
5.3.1. Coberto do solo.....	77
5.3.2. Fenómenos Erosivos.....	78
5.4. Modelação de erosão	85
5.4.1. Precipitação e Índice de Erosividade.....	85
5.4.2. Modelação USLE	92
5.4.3. Modelação MMF	103
5.4.4. Comparação com outros Estudos	114
6. Conclusões	117
7. Considerações Finais.....	119
Referências.....	121
Anexos	125

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Abordagem de trabalho aplicada	5
Figura 2.1 – Erosividade da Precipitação (Factor R) em Portugal (Adaptado de SNIRH).10	
Figura 2.2– Ábaco para determinação do índice Erodibilidade K (extraído de Tomás <i>et al</i> , 1993)	12
Figura 3.1 – Localização Geográfica da área de estudo relativamente ao Distrito e Concelho (Adaptado de Carta Administrativa, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).	25
Figura 3.2 – Área sujeita ao incêndio.....	25
Figura 3.3 – Relevo e Altimetria em Açores e na área de estudo.....	26
Figura 3.4 – Declive em Açores e na área de estudo.....	26
Figura 3.5 – Caracterização do Distrito de Aveiro e Concelho de Albergaria-a-Velha, quanto ao tipo de solo (Adaptado de Carta dos Solos, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).	27
Figura 3.6 – Caracterização da área de estudo, quanto às especificações do tipo de solo.	27
Figura 3.7 – Caracterização do Distrito de Aveiro e Concelho de Albergaria-a-Velha, quanto à insolação anual (Adaptado de Insolação, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).	28
Figura 3.8 – Caracterização do Distrito de Aveiro e Concelho de Albergaria-a-Velha, quanto à temperatura média anual. (Adaptado de Temperatura, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).	29
Figura 3.9 – Caracterização do Distrito de Aveiro e Concelho de Albergaria-a-Velha, quanto à precipitação média anual (Adaptado de Precipitação, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).	29
Figura 3.10 – Uso do Solo em Açores na área de estudo em 2005.	30
Figura 3.11 – Pormenor de rebento de eucalipto a surgir de uma copa queimada.....	31
Figura 3.12 – Perspectiva de Açores-ms1 e Açores-ms2, imagem produzida com o programa ArcGIS 9.2.....	32
Figura 3.13 – Micro-parcela em Açores 1 (Original).....	33
Figura 3.14 – Micro-parcela em Açores 2 (Original).....	33
Figura 4.1 – Simulador de chuva	36

Figura 4.2 – Parcela e copos utilizados no simulador para a sua calibração.	36
Figura 4.3 – Esquema representativo das simulações feitas em cada encosta e simulador.	37
Figura 4.4 – Parcela aberta e visão da encosta a montante.	39
Figura 4.5 – Parcela aberta em Açores 2 (Original)	39
Figura 4.6 – Pluviómetro automático	40
Figura 4.7 – Pluviómetro totalizador	40
Figura 4.8 – Diagrama Triangular de Classes de Textura (USDA em http://soils.usda.gov/).	43
Figura 4.9 – Procedimento experimental para a determinação da Concentração de Sedimentos e Matéria Orgânica das amostras de escorrência	44
Figura 4.10 – Imagem das diversas unidades delineadas na área de estudo, e pormenor que demonstra diferentes intervenções observadas.....	48
Figura 4.11 – Áreas das classes mais relevantes, distinguindo as que foram e que não foram sujeitas a inventário e as que necessitavam de verificação.....	53
Figura 4.12 – Parâmetros de Entrada e origem dos dados do modelo USLE.	57
Figura 4.13 – Parâmetros de Entrada e origem dos dados do modelo MMF.	61
Figura 5.1 – Ocasão em que as simulações de chuva foram realizadas conjuntamente com a precipitação cumulativa verificada em Açores.	66
Figura 5.2 – Escorrência determinada nas várias parcelas em simulações de alta intensidade.....	67
Figura 5.3 – Escorrência determinada nas várias parcelas em simulações de intensidade standard	67
Figura 5.4 – Taxas de erosão vs Escorrência para simulações de chuva de alta intensidade.....	68
Figura 5.5 – Taxas de erosão vs Escorrência para simulações de chuva de intensidade standard.	68
Figura 5.6 – Escorrência determinada em parcelas fixas originadas de simulações de alta intensidade.....	69
Figura 5.7 – Escorrência determinada em parcelas fixas originadas de simulações de intensidade standard.	69
Figura 5.8 – Valores de escorrência mensal obtidos pelas quatro parcelas abertas instaladas em Açores ms1 e correspondentes Intensidade de precipitação máxima detectadas.....	71

Figura 5.9 – Valores de escorrência mensal obtidos pelas quatro parcelas abertas instaladas em Açores-ms2 e correspondentes Intensidade de precipitação máxima detectadas.	72
Figura 5.10 – Taxa de Erosão vs Escorrência nas parcelas abertas em Açores-ms1.	74
Figura 5.11 – Taxa de Erosão vs Escorrência nas parcelas abertas em Açores-ms2.	74
Figura 5.12 – Comparação das classes constituídas por terraços (A3 e A4) relativamente à presença de fenómenos erosivos (máximos verificados) de pequena escala.	79
Figura 5.13 – Comparação das classes constituídas por terraços (A3 e A4) relativamente à repelência máxima determinada nos locais.	79
Figura 5.14 – Comparação das classes sem intervenção e lavradas, relativamente à presença de fenómenos erosivos (máximos verificados) de pequena escala.	80
Figura 5.15 – Classificação de Fenómenos erosivos com base nos inventários realizados na área de estudo.	83
Figura 5.16 – Precipitação Mensal registada pelo pluviómetro automático na área de estudo.	86
Figura 5.17 – Índice de erosividade (Factor R) e Precipitação mensal da área de estudo.	87
Figura 5.18 – Índice de erosividade (Factor R) e Energia Cinética mensal da área de estudo.	88
Figura 5.19 – Correlação Linear da Energia Cinética versus Índice de Erosividade.	88
Figura 5.20 – Índice de Erosividade e I30 máximo mensal da área de estudo.	89
Figura 5.21 – Precipitação e I30 para cada evento no mês de Março de 2006 da área de estudo.	90
Figura 5.22- Precipitação e I30 para cada evento no mês de Novembro de 2005 da área de estudo.	90
Figura 5.23 – Número de eventos distribuídos em classes de duração e respectiva Energia Cinética média.	91
Figura 5.24 – Taxas de erosão com origem nas simulações de chuva de alta intensidade vs determinadas segundo o USLE.	94
Figura 5.25 – Taxas de erosão com origem nas simulações de chuva de intensidade standard vs determinadas segundo o USLE.	94
Figura 5.26 – Resultados de taxas de erosão e correspondente Risco obtidos na modelação com USLE em toda a área de estudo.	99
Figura 5.27 – Classificação do Risco de Erosão obtidos na modelação teste (P=1 em todas as encostas) com USLE em toda a área de estudo.	102

Figura 5.28 – Taxas de erosão com origem nas simulações de chuva de alta intensidade vs determinadas segundo o MMF.	105
Figura 5.29 – Taxas de erosão com origem nas simulações de chuva de intensidade standard vs determinadas segundo o MMF.....	105
Figura 5.30 – Resultados de Perdas de Solo obtidos na modelação com MMF em toda a área de estudo.	109
Figura 5.31 – Taxas de erosão (média encosta) segundo MMF vs segundo USLE.....	112
Figura 5.32 – Taxas de erosão (máximo encosta) segundo MMF vs segundo USLE.	112

Índice de Tabelas

Tabela 2-1 – Valores de S e correspondente coeficiente m.	13
Tabela 2-2 – Parâmetros de entrada do modelo revisto MMF (Adaptado de Morgan (2001)).....	16
Tabela 3-1 – Características gerais dos dois locais (Adaptado de Malvar, 2007).....	33
Tabela 4-1 – Quadro resumo de algumas características das Parcelas Abertas.....	41
Tabela 4-2 – Fracção, diâmetro das partículas e descrição do processo de determinação	45
Tabela 4-3 – Resumo da informação SIG facultada pela Câmara Municipal de Albergaria-a-Velha.	47
Tabela 4-4 – Classificação segundo intervenção, técnica agrícola aplicada e Geologia associada a cada polígono.	50
Tabela 4-5 – Classificação de valores de IMF (CORINE-CEC (1992), extraído de Malvar (2007)).....	56
Tabela 4-6 – Valores de K de acordo com a classificação FAO e S.R.O.A. (Extraído de Pimenta <i>et al</i> , (1999))	58
Tabela 4-7 – Estimativas do Factor C para os casos mais comuns na área de estudo.	59
Tabela 4-8 – Valores do factor P (FAO, 1967) (Adaptado de Gómez (2002))	60
Tabela 4-9 – Valores de Intercepção determinados em vários estudos e valores típicos de referência utilizados no modelo.	62
Tabela 4-10 – Valores de Profundidade Efectiva do Solo (Adaptado de Morgan (2001)).	63
Tabela 4-11 – Guia para parâmetros do solo (Adaptado de Morgan (2001)).	63
Tabela 5-1 – Quadro resumo das simulações de chuva estudadas.	65
Tabela 5-2 – Taxas de escorrência e erosão (máximas) anuais com base nas 3 simulações de chuvas realizadas nas parcelas fixas.	70
Tabela 5-3 – Escorrência total obtida em Açores 1 e 2 relativamente às parcelas abertas e máximos verificados na soma da escorrência formada pelas 3 simulações de chuva realizadas.	73
Tabela 5-4 – Taxas de erosão totais obtidas em Açores 1 e 2 relativamente às parcelas abertas e (máximos verificados) da estimativa das taxas de erosão formada pelas 3 simulações de chuva realizadas.	75

Tabela 5-5 – Área afectada a cada classe segundo a classificação preliminar, segundo a reclassificação e diferença devida à validação feita.	76
Tabela 5-6 – Médias de coberto do solo segundo vários elementos, para as classes A1, A6, A7 e A8.	77
Tabela 5-7 – Resultados do inventário de fenómenos erosivos de escala superior e respectiva classificação quanto ao risco de erosão.	78
Tabela 5-8 – Comparação entre os dados resultantes do pluviómetro automático de base 5 e 15 minutos.....	85
Tabela 5-9 – Valores de entrada no modelo e Taxas de Erosão para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo USLE.	92
Tabela 5-10 – Valores das Taxas de Erosão anuais para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo as Simulações de Chuva e a modelação com o USLE.	93
Tabela 5-11 – Valores de Taxas de Erosão para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo as Parcelas Abertas e a modelação com o USLE.	95
Tabela 5-12 – Correspondência entre classificação originada pela validação de campo e pela modelação com o USLE.	101
Tabela 5-13 – Valores de entrada no modelo e Taxas de Erosão para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo MMF.	103
Tabela 5-14 – Valores das Taxas de Erosão anuais para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo as Simulações de Chuva e a modelação com o MMF.....	104
Tabela 5-15 – Valores de Escorrência para Açoresms1 e Açores-ms2 segundo as Simulações de Chuva e a modelação com o MMF.....	105
Tabela 5-16 – Valores de Taxas de Erosão para Açores 1 e Açores 2 (Original) segundo as Parcelas Abertas e a modelação com o MMF.....	106
Tabela 5-17 – Valores de Escorrência para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo as Parcelas Abertas e a modelação com o MMF.	107
Tabela 5-18 – Correspondência entre classificação originada pela validação de campo e pela modelação com o USLE.	111
Tabela 5-19 – Comparação de resultados medidos e previstos segundo o USLE e o MMF quanto às perdas de solo anuais de diversos autores	116

1. Introdução

1.1. Projecto Erosfire

Este estudo é feito no âmbito do projecto EROSFIRE (Ferramenta de apoio na decisão para identificação, com base em modelação, de risco de erosão do solo após incêndios florestais; POCI/AGR/60354/2004), que desde o verão de 2005 estuda a erosão do solo em áreas florestais recentemente ardidadas.

As motivações que deram início à realização deste projecto assentaram nos incêndios extremamente agressivos, que ocorreram no verão de 2003, e mais propriamente no mapa elaborado pelo Instituto da Água denominado de *“Perdas de Solo após incêndios Florestais do Verão de 2003”*, que surgiu em consequência desses incêndios. Este mapa foi baseado numa versão modificada da Equação Universal da Perda do Solo (USLE), que pelas suas características não se enquadra no contexto em que foi utilizada e ignora os avanços que nos últimos anos ocorreram na modelação numérica de erosão do solo.

Com o compromisso de desenvolver uma ferramenta de modelação para avaliação do risco de erosão em áreas recentemente ardidadas, assente em bases científicas mais inovadoras que a USLE, este projecto é financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia de Portugal (FCT), com fundos da FEDER pelo programa POCI2010.

O objectivo principal deste estudo para o projecto EROSFIRE será o aprofundamento dos fundamentos científicos, mais propriamente no que toca à modelação de risco de erosão em Sistemas de Informação Geográfica, de forma a adequar uma melhor gestão dos solos no seguimento de incêndios florestais e consequentemente contribuir para a sustentabilidade das florestas Portuguesas

A importância de uma ferramenta para avaliação para da erosão hídrica e suas consequências após os incêndios e posterior definição de prioridades em estratégias de minimização, parece evidente em casos como o de Portugal, que nos últimos anos foi devastado por incêndios em aproximadamente 100 000 hectares em áreas rurais em cada ano.

1.2. Incêndios Florestais e Erosão do Solo

A degradação ambiental sob a forma de erosão, assoreamento e por consequência a desertificação, são alguns dos problemas que têm sido alvo de uma preocupação crescente, no âmbito do planeamento territorial e na gestão integrada do espaço.

No âmbito da Gestão Ambiental, a erosão hídrica do solo, é, sem dúvida, uma questão relevante uma vez que provoca a degradação e perda de um recurso natural fundamental para o suporte de vida. E como tal, o desenvolvimento e aplicação de um conjunto de ferramentas de decisão válidas, assume uma importância na atribuição de usos do solo e na gestão dos recursos naturais.

A erosão do solo enquanto processo natural ocorre de uma forma bastante lenta, e caso não exista nenhuma alteração ao equilíbrio dinâmico deste processo, o seu ritmo permite que a redistribuição de partículas compense a formação do solo (Monteiro, 2006). No entanto, devido à intervenção do homem, um novo termo foi adicionado a este contexto, denominando-se de erosão acelerada, apresentado como grandes desvantagens a redução da espessura de solo, a perda de partículas de solo e por consequência a perda de nutrientes essenciais para as plantas e das partículas mais activas do solo, levando a uma redução de produtividade deste mesmo e diminuição das áreas para fins agrícolas (Monteiro, 2006).

A erosão do solo é um processo que envolve bastantes factores, e pode apresentar-se mais intensamente após a ocorrência de incêndios florestais. Não menosprezando de forma alguma, a perda de flora e até alguma fauna em zonas particularmente importantes ao nível de património natural em Portugal Continental na sequência de um incêndio, mas existe a necessidade de evidenciar uma consequência muitas vezes esquecida deste processo.

Os factores que têm por base este fenómeno são vários e podem-se descrever como (Morgan, 2005):

- Erosividade do agente causador de erosão, neste caso a precipitação;
- Erodibilidade do solo, que diz respeito à capacidade de este resistir à desagregação perante este agente;

- Declive, que eleva a ocorrência de escorrência superficial e consequentemente arraste de partículas quando despoletado por um evento de chuva;
- Coberto vegetal, que permite uma maior protecção do solo quando se apresenta em maior quantidade.

As características geológicas do local de estudo são muito importantes, pois a erodibilidade do solo é um dos factores que determinam o processo de erosão, e com o conhecimento mais aprofundado de características do solo como a fracção mineral, a textura e estrutura, é possível chegar ao seu valor e determinar o risco de erosão do local com uma maior viabilidade.

Relativamente à inclinação das encostas, quanto maior declive estas apresentarem, a maior erodibilidade está sujeito o solo, pois uma menor quantidade de água que tem origem na precipitação é absorvida pelo solo, que consequentemente irá originar uma maior quantidade de escorrências. Agravando ainda mais esta situação quando encostas de elevadas inclinações são sujeitas a incêndios de elevada magnitude, que além de perder a protecção natural do solo oferecida pela vegetação também aumentam repelência do solo relativamente à água, ocorrendo ainda maiores escorrências superficiais e consequentemente uma maior quantidade de sedimentos são arrastados por estas. Também os declives exercem uma influência considerável sobre a velocidade de propagação de um fogo, pois as correntes de vento ascendentes e a inclinação natural das chamas sobre os combustíveis facilitam a transferência de energia na frente do fogo.

Outro aspecto que tem consequências na magnitude do incêndio e da erosão antes e depois deste ocorrer é o uso do solo do local. Nesta dissertação frisa-se essencialmente zonas de Eucaliptal que domina a área de estudo e são tidos em conta todas as especificidades que implicam este tipo de plantações.

Os factores que mais influenciam a erosão num dado local prendem-se com a resistência deste à desagregação e movimento, e ainda com as características da precipitação no local. Esses primeiros factores, ligados às características do solo alteram-se então quando ocorre um incêndio de grande intensidade, o que provoca um aumento da erosão.

A magnitude e duração da actividade hidrológica e geomorfológica após os incêndios podem variar muito e depende numa complexa interacção de factores, que

incluem o local e as características do fogo, e ainda os padrões de precipitação pós-incêndio (Shakesby *et al*, 2005).

Será esperado então, que as alterações da actividade normal do solo, conjuntamente com a perturbação induzida pelo incêndio florestal induzirão a um acréscimo das taxas de erosão. Isto porque o aquecimento do solo induz a alteração das suas características físicas e morfológicas, incluindo a alteração dos seus agregados e de repelência à água. Estas alterações por sua vez suscitam a ocorrência de uma escorrência superficial superior, redistribuição de sedimentos em encostas e alteração de canais (Shakesby e tal, 2005).

Acrescenta-se ainda os detalhes das intervenções feitas no solo que nem sempre são favoráveis à conservação deste, na existência de um conjunto de situações em simultâneo quanto ao tipo de solo, meteorologia, tipo de vegetação local, entre outros, que em conjunto provocam perdas de solo com taxas elevadas.

Salientando ainda, que a informação em SIG é extremamente importante pela sua universalidade e pela necessidade de se dispor de metodologias de avaliação, para aplicação sistemática e continuada, que permitam uma melhor compreensão dos processos dinâmicos de erosão hídrica e gestão integrada do espaço.

1.3. Objectivos

O objectivo principal deste estudo é o aprofundamento dos fundamentos científicos que permitem conhecer o processo da erosão do solo, de forma a adequar uma melhor gestão dos solos no seguimento de incêndios florestais e consequentemente contribuir para a sustentabilidade das florestas Portuguesas. Para uma área florestal recentemente ardida no concelho de Albergaria-a-Velha os objectivos específicos são os seguintes:

- Compilar e analisar os resultados de dois tipos de medições de erosão do solo efectuados anteriormente pelo projecto EROSFIRE;
- Efectuar um terceiro tipo de medição de erosão do solo, envolvendo inventários de fenómenos de erosão visíveis;
- “Parametrizar” e aplicar os modelos USLE e MMF para todas as encostas da área de estudo;
- Avaliar os resultados dos modelos através da sua comparação com os dados dos três tipos de medições.

A abordagem faseada que foi adoptada neste estudo é apresentada na Figura 1.1.

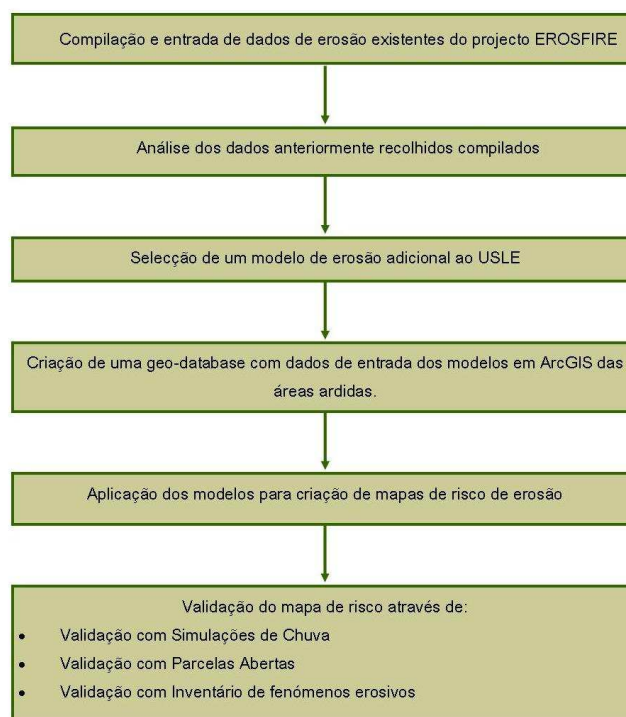


Figura 1.1 – Abordagem de trabalho aplicada

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

2. Modelação de Erosão

2.1. *Universal Soil Loss Equation (USLE)*

2.1.1. Introdução

A Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation – USLE*) sem dúvidas será o modelo de referência na determinação da erosão em todo o mundo, devido à sua fácil aplicação.

Concebida no ano de 1965 por Wischmeier e Smith (1978), com o objectivo principal de providenciar uma taxa média de erosão em vários tipos de culturas e práticas de conservação aplicadas (Wischmeier e Smith, 1978) em vários estados nos EUA. Foi sujeita ainda a adaptações e actualizações nos anos que se seguiram, de tal forma que surgiu a Equação Universal de Perda de Solo Revista, adoptando a sigla RUSLE.

Este modelo assenta principalmente nas ocorrências de precipitação num dado local, estimando através do produto entre os diversos factores do processo, as perdas de solo no espaço de um ano.

A equação (Eq.2.1) que traduz este modelo, simplifica de certa forma todo o processo de erosão, o que se revela numa vantagem pelo que é de fácil aplicação, mas apresenta como desvantagens, um exagero no cálculo das perdas de solo para o caso português e o facto de simplificar demasiado o processo de erosão acarretando desta forma muitos erros (Tomás, 1993).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

Sendo:

A : Perda de solo estimada por ano $[t/Ha.ano]$

R : Índice de Erosividade $[MJ.mm/h.Ha.ano]$

K : Índice de Erodibilidade $[t.h / MJ.mm]$

LS : Factor topográfico

C : Factor Cultural

P : Factor de práticas de conservação do solo

(Eq.2.1)

2.1.2. R – Índice de Erosividade

Este índice é calculado para todos os eventos chuvosos ao longo de um ano, em que o seu somatório originará o valor de entrada no modelo. Para cada evento chuvoso o resultado obtém-se pelo produto entre a energia cinética deste pela intensidade máxima de cada evento meteorológico por um período de 30 minutos (Eq.2.2) (Tomás, 1993).

$$R_i = E \times I_{30}$$

Sendo:

$$R_i: \text{Índice de erosividade para cada evento chuvoso} \left[M \cdot mmJ/Ha.h \right] \quad (\text{Eq.2.2})$$

i : Cada evento chuvoso

E : Energia cinética do evento chuvoso $[MJ/Ha]$

I_{30} : Intensidade máxima da chuva em 30 minutos $[mm/h]$

E a Energia cinética de cada evento chuvoso pode ser obtida através da equação que se segue (Eq.2.3), como foi proposto por Wischmeier e Smith (1978).

$$E = P_e \left(0,119 + 0,0873 \times \log_{10} I \right)$$

Sendo:

$$E: \text{Energia cinética do evento chuvoso} \left[MJ/Ha. \right] \quad (\text{Eq.2.3})$$

P_e : Precipitação do evento $[mm]$

I : Intensidade do evento chuvoso $[mm/h]$

O índice de Erosividade descreve a força do impacto das gotas de chuva no solo, que contrapondo com a resistência do solo à desagregação e ao movimento poderá originar maior ou menor erosão. Este factor também está intimamente ligado ao tamanho das gotas e à intensidade do evento chuvoso.

Como foi descrito anteriormente, o cálculo de R será a soma de todos os índices de erosividade, relativos a cada evento chuvoso num ano, o que implica uma extensa folha de cálculo e consequentemente um cálculo moroso. Ainda neste seguimento terá

que se ter em conta que o intervalo mínimo entre eventos chuvosos será de 6 horas, e com precipitações acima dos 12,5 mm como aconselhado por Wischmeier e Smith (1978), para que apenas sejam contabilizadas precipitações significativas que conduzam a eventos de erosão.

Será de esperar igualmente que o R será um índice de extrema variabilidade anual, e que para a obtenção de um valor médio de uma região será aconselhável utilizar um conjunto de valores de precipitação de um intervalo temporal superior a 20 anos (Tomás, 1993).

Na aplicação deste modelo, verificou-se uma dificuldade no cálculo do I_{30} devido à inexistência de dados históricos que possam ser representativos da erosividade de eventos chuvosos. Como tal, pode-se aproximar esse factor pelo índice de agressividade climática (Índice de Fournier -FI), como alternativa ao método de Wischmeier e Smith (1978). Este índice é baseado na precipitação média anual e na precipitação do mês mais chuvoso. Mas como este método envolvia algumas limitações, surgiu por outros autores (Arnoldus (1978) em Malvar, 2007) uma correcção na qual surgiu o Índice Modificado de Fournier (Eq.2.4), que permite entrar com a contribuição de todos os meses do ano de estudo, que desta forma se aproxima mais do valor de I_{30} (Malvar 2007).

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P_t}$$

Sendo:

(Eq.2.4)

p_i : Precipitação média mensal

P_t : Precipitação média anual

Este índice pode ser ainda caracterizado e comparado em termos de potencial erosivo da precipitação ocorrida em diferentes locais.

Para além da alternativa proposta anteriormente, também foram tidos em conta os valores do Factor R estimados pelo INAG (Figura 2.1).

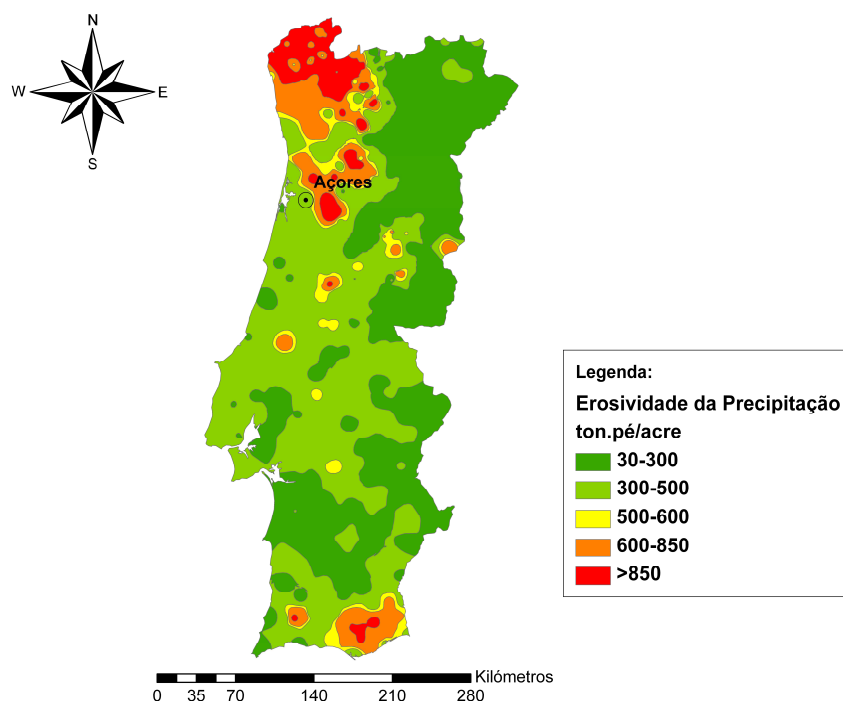


Figura 2.1 – Erosividade da Precipitação (Factor R) em Portugal (Adaptado de SNIRH).

Esta estimativa do valor R foi determinada com base no estudo de Wischmeier e Smith (1978) e nas actualizações posteriores com relevo para as adaptações introduzidas por Ferro Giordano e Iovino (1991) de forma a estender as estimativas do factor de erosividade de 40 para 449 locais de Portugal Continental (Brandão *et al*, 2006).

A figura apresenta o factor R calculado a partir de 449 postos udométricos, baseados em registos com pelo menos 30 anos de precipitação até ao ano de 1993/94, considerando eventos pluviosos com precipitação igual ou superior a 25,4 mm.

2.1.3. K – Índice de Erodibilidade

Este índice especifica a capacidade do solo resistir, ou não, a efeitos de erosão. Apresentando-se com um valor entre 0 e 1, em que o valor 0 corresponde a uma protecção absoluta do solo e o valor de 1 corresponde a nenhuma resistência ao processo erosivo.

Esta dita resistência depende de inúmeros factores, que pode ser obtida no ábaco (Figura 2.2) apresentado por Foster (1981) em Tomás (1993), relativos a características do solo como:

- Textura, apresentada pelas percentagens de:
 - Limo e Areia muito Fina ($\varnothing=[0,002;0,1]$ mm);
 - Areia ($\varnothing=[0,1;2,0]$ mm).
- Percentagem de Matéria Orgânica
- Classificação quanto à Estrutura:
 1. Granular muito fina;
 2. Granular fina;
 3. Granular grosseira;
 4. Compacta;
- Classificação quanto à Permeabilidade:
 1. Muito lenta
 2. Lenta
 3. Lenta a moderada
 4. Moderada
 5. Moderada a rápida
 6. Rápida.

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

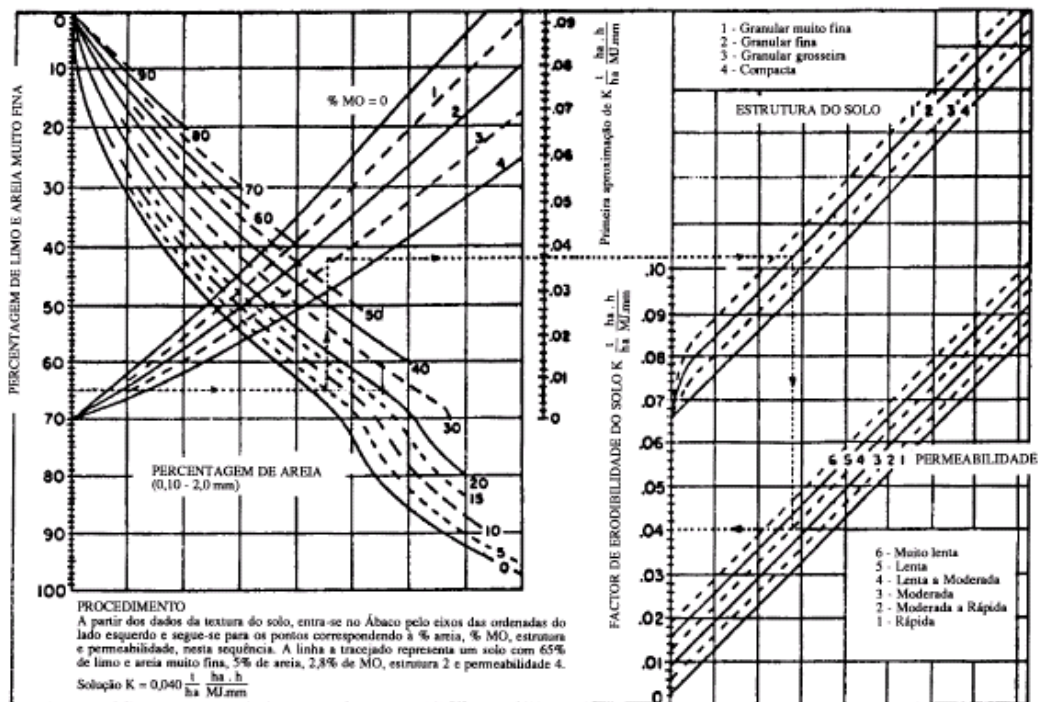


Figura 2.2– Ábaco para determinação do índice Erodibilidade K (extraído de Tomás *et al*, 1993)

Para além da determinação apresentada anteriormente, também é possível calcular este índice de erodibilidade (Eq.2.5) por uma equação proposta por Wischmeier e Smith (1978) que permite obter o índice de Erodibilidade para as características que não estejam dentro das gamas apresentadas no ábaco anterior, mas com a condição de que a porção de Limo e Areia Muito fina seja inferior a 70%.

$$K = \frac{2,1 \times M^{1,14} \times 10^{-4} \times (12 - a) + 3,25 \times (b - 2) + 2,5 \times (c - 3)}{759,3}$$

Sendo:

K : Índice de Erodibilidade $[t.h/MJ.mm]$

(Eq.2.5)

M : (% Limo e Areia muito Fina) \times (100 - % Argila)

a : Fracção de Matéria Orgânica (%)

b : Classe de textura dos solo (1 a 4)

c : Classe de Permeabilidade do solo (1 a 6)

2.1.4. LS – Índice Topográfico

Esta variável adimensional, permite contribuir no modelo o factor comprimento e declive de uma encosta combinado num só valor. Este índice pode ser determinado pela seguinte sequência de equações (Wischmeier e Smith (1978); McCOOL *et al* 1987, em Tomás (1993)):

1. Determinar S de acordo com o declive da encosta s , tendo em conta ângulo desta (θ):

$$S = \begin{cases} 10,8 \operatorname{sen} \theta + 0,3 & \text{se } s \leq 9\% \\ 10,8 \operatorname{sen} \theta - 0,5 & \text{se } s > 9\% \end{cases} \quad (\text{Eq.2.6})$$

2. Com o S determinado anteriormente, encontra-se o coeficiente m:

Tabela 2-1 – Valores de S e correspondente coeficiente m.

s	m
$\geq 5\%$	0,5
$[3;5[\%$	0,4
$[1;3[\%$	0,3
$<1\%$	0,2

3. Determina-se o L, aplicando o m determinado anteriormente e o comprimento da encosta (λ):

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m \quad (\text{Eq.2.7})$$

4. Calcula-se LS:

$$LS = L \times S \quad (\text{Eq.2.8})$$

Esta sequência de equações apresentada aplica-se a encostas com declives entre os 3 e 18 %, e comprimentos entre os 9 e os 91 m aproximadamente (30 e 300 ft), pelo que para encostas que estão fora destas gamas não se podem validar os resultados (Wischmeier e Smith, 1978).

Devido às limitações da sequência de cálculos apresentados anteriormente outro autor (López *et al*, 1994, em Palácios (2007) propôs uma alternativa para o cálculo do factor topográfico como se demonstra nas equações seguintes (Eq.2.9 e Eq.2.10).

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,1} \right)^{0,3} \times \left[\frac{(0,43 + 0,3s + 0,4s^2)}{6,613} \right] \quad (\text{Eq.2.9})$$

Sendo:

LS : Factor topográfico

s : inclinação (%) < 9%

λ : comprimento (m) < 350 m

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,1} \right)^{0,3} \times \left(\frac{s}{9} \right)^{1,3}$$

Sendo:

LS : Factor topográfico

s : inclinação (%) > 9%

λ : comprimento (m)

2.1.5. C – Factor Cultural

Pode-se definir como o quociente entre as perdas de solo de uma dada cultura em relação às perdas em solo nu e lavrado segundo o maior declive. Determina o grau de protecção providenciado pelo coberto vegetal juntamente com a matéria orgânica, variando de 0 a 1, em que o valor 1 corresponde a um solo nu e 0 a solo com tipo e quantidade de coberto vegetal onde as taxas de erosão são nulas.

Este factor será abordado de uma forma diferente para o que foi criado, porque o modelo em que se insere pretendia determinar as perdas de solo em áreas agrícolas, em que o factor cultural dependeria das culturas em questão, da sua fase de crescimento, dos períodos de sementeira, entre outros, e pelo contrário o estudo em questão remete-se para uma situação onde surgem diferentes tipos de vegetação e as únicas práticas serão florestais.

Este valor será variável anualmente e ainda geograficamente, e tal variação está intimamente ligada à distribuição de eventos de precipitação, pois estes últimos condicionam todas as fases das culturas desde o seu crescimento até ao desenvolvimento.

Segundo López (1994) em Palácios (2007), o factor C pode ser calculado da seguinte forma:

$$C = \sum \left(\frac{C_i \times R_i}{n} \right)$$

Sendo:

C : Valor médio do Factor Cultural

C_i : Valor do Factor Cultural para cada período com uma determinada vegetação

R_i : Percentagem do Índice de Erosividade

n : número de períodos da cultura

(Eq.2.11)

2.1.6. P – Factor de praticas de conservação do solo

Pode-se definir como o quociente entre as perdas do solo com práticas de conservação e as perdas quando o solo é cultivado segundo o maior declive. Este valor também varia entre 0 e 1, sendo o valor de zero atribuído a solos com excelentes práticas de conservação e de 1 para solos que não possuem quaisquer práticas.

2.2. Morgan - Morgan - Finney Model (MMF)

2.2.1. Introdução

Este modelo foi desenvolvido com o intuito de prever as perdas anuais de solo de uma forma empírica tal como a USLE, incluindo também alguns parâmetros dos mais recentes avanços no que toca a processos erosivos.

O modelo original (Morgan *et al*, 1984) foi revisto em 2000 (Morgan, 2001), sendo este último o utilizado para este estudo. No cálculo das perdas de solo por este modelo existem duas fases, uma relativa água e outra relativa aos sedimentos, em que a última é uma simplificação do esquema descrito por Meyer e Wischmeier (1969) em Morgan (2001). Para proceder ao cálculo de perdas de solo são necessários 15 parâmetros de entrada para a operação das 12 equações do modelo revisto (Tabela 2-2).

Tabela 2-2 – Parâmetros de entrada do modelo revisto MMF (Adaptado de Morgan (2001))

Factor	Parâmetro	Definição e observações
Precipitação	R	Precipitação anual (mm)
	R _n	Número de dias com precipitação por ano
	I	Valor típico de intensidade de precipitação (mm/h); Utilizar 10 para clima temperados, 25 para climas tropicais e 30 para climas de elevada sazonalidade.
Solo	MS	Capacidade de campo de conteúdo hídrico (%w/w)
	BD	Densidade aparente da camada superior de solo (Mg/m ³)
	EHD	Profundidade hidrológica efectiva do solo (m)
	K	Erodibilidade do Solo (g/J)
	COH	Coesão da superfície solo (kPa) medido com o torvane em condições de saturação.
Forma terreno	S	Declive da encosta (°)
Coberto vegetal	A	Fracção (entre 0 e 1) da interceptação da precipitação realizada pela vegetação.
	E _t /E ₀	Razão de evapotranspiração total (E _t) por potencial (E ₀)
	C	Factor de coberto vegetal, combina o factor C com o P da USLE
	CC	Fracção da densidade das copas das árvores (entre 0 e 1).
	GC	Fracção da densidade de coberto vegetal (entre 0 e 1).
	PH	Altura da vegetação (m)

2.2.2. Energia da Precipitação

A revisão feita do modelo original tem em conta a intercepção da vegetação, de forma que neste cálculo só se tenha em conta a quantidade de precipitação que chega à superfície do solo.

Desta forma então, a precipitação efectiva (ER) que chega ao solo, será a precipitação total anual (R) multiplicada por um factor (entre 0 e 1) que corresponde à fracção precipitação total após a subtracção da fracção interceptada pelas copas das árvores (A) (Eq.2.12).

$$ER = R \times (1 - A)$$

Sendo:

ER: Precipitação Efectiva [mm]

(Eq.2.12)

R: Precipitação total anual [mm]

A: Fracção da precipitação interceptada

Os valores de intercepção diferem bastante de acordo com o tipo de vegetação presente no local. Isso é, de uma forma simplificada a intercepção será maior quanto maior for a densidade das folhas na vegetação em questão, o que implica a recolha de uma maior quantidade de água.

Posteriormente a precipitação efectiva é dividida em outras duas porções que correspondem à chuva que cai directamente entre as árvores (DT) (Eq.2.14) e ainda a chuva que cai das folhas das árvores (LD) (Eq.2.13). Esta última fracção é obtida pela densidade das copas das árvores (*Canopy Cover* -CC).

$$LD = ER \times CC$$

Sendo:

LD: Precipitação que ocorre das folhas das árvores [mm]

(Eq.2.13)

ER: Precipitação Efectiva [mm]

CC: Densidade das copas das árvores [m² / m²]

$$DT = ER - LD$$

Sendo:

$$DT : \text{Precipitação que cai directamente no solo} [mm] \quad (\text{Eq.2.14})$$

$$ER: \text{Precipitação Efectiva} [mm]$$

$$LD: \text{Precipitação que ocorre das folhas das árvores} [mm]$$

Calcula-se então a energia cinética da precipitação que cai directamente no solo (KE (DT)) em função da Intensidade da precipitação (I), usando um valor típico para a erosividade da região, pela função mencionada no capítulo anterior por Wischmeier e Smith (1978) (Eq.2.15).

$$KE(DT) = DT \times (11,9 + 8,7 \log I)$$

Sendo:

$$KE(DT): \text{Energia Cinética da precipitação que cai directamente no solo} [J / m^2] \quad (\text{Eq.2.15})$$

$$DT : \text{Precipitação que cai directamente no solo} [mm]$$

$$I: \text{Intensidade de precipitação} [mm / h]$$

Como alternativa a esta equação, devido à sua não aplicabilidade em locais Mediterrânicos, surge uma equação desenvolvida por Coutinho e Tomás (1995) em Vale Formoso, Covilhã, enquadrando-se melhor na área de estudo (Eq.2.16).

$$KE(DT) = DT \times \left[35,9 \times \left(1 - 0,56 \times e^{-0,034I} \right) \right]$$

Sendo:

(Eq.2.16)

$$KE(DT): \text{Energia Cinética da precipitação que cai directamente no solo} [J/m^2]$$

$$DT : \text{Precipitação que cai directamente no solo} [mm]$$

$$I: \text{Intensidade de precipitação} [mm/h]$$

Para a Energia Cinética relativa à chuva que cai das folhas das árvores (KE (LD)) (Eq.2.17) depende da altura (PH) a que se encontra a copa da árvore segundo a equação apresentada por Brandt (1990) em Morgan (2001).

$$KE(LD) = LD \times (15,8 \times PH^{0,5}) - 5,87$$

Sendo:

$$KE(LD): \text{Energia Cinética da precipitação que ocorre das folhas das árvores } [J/m^2] \quad (\text{Eq.2.17})$$

LD : Precipitação que ocorre das folhas das árvores $[mm]$

PH : Altura da copa das árvores $[m]$

Sendo considerada de zero sempre que resulta num valor negativo.

Então a energia total resultante da precipitação efectiva (KE) (Eq.2.18) é obtida através do somatório da energia cinética precipitação que cai directamente no solo com a da que cai das folhas das árvores.

$$KE = KE(DT) + KE(LD)$$

Sendo:

$$KE: \text{Energia Cinética total efectiva } [J/m^2] \quad (\text{Eq.2.18})$$

$KE(DT)$: Energia Cinética da precipitação que cai directamente no solo $[J/m^2]$

$KE(LD)$: Energia Cinética da precipitação que ocorre das folhas das árvores $[J/m^2]$

2.2.3. Determinação da Escorrência

O procedimento de cálculo para estimar a escorrência anual (Q) é baseado no método proposto por Kirkby (1976) em Morgan (2001), que assume que a escorrência ocorre quando a precipitação excede o limite da capacidade de retenção hídrica do solo (R_c) e a quantidade dessa precipitação diária segue uma frequência segundo um padrão exponencial (Eq.2.19).

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

$$Q = R \times e^{\left(-\frac{R_c}{R_0} \right)}$$

Sendo :

Q : Escorrência anual [mm] (Eq.2.19)

R : Precipitação total anual [mm]

R_c : Capacidade de retenção hídrica do solo [mm]

$R_0 = \frac{R}{R_n}$: Média de Precipitação diária (mm)

R_n : o número de dias com precipitação no ano.

A capacidade de retenção hídrica do solo pode ser calculada pela equação que se segue (Eq.2.20).

$$R_c = 1000MS \times BD \times EHD \left(\frac{E_t}{E_0} \right)$$

Sendo:

R_c : Capacidade de retenção hídrica do solo [mm]

MS : Capacidade de campo de conteúdo hídrico [%w/w];

BD : Densidade aparente do solo [Mg/m^3];

EHD : Profundidade efectiva do solo [m];

$\frac{E_t}{E_0}$: Razão de evapotranspiração total por potencial

(Eq.2.20)

O factor que dita a profundidade efectiva do solo (EHD), é função do coberto vegetal oferecido pelas plantas que influencia a densidade e a profundidade das raízes.

2.2.4. Desagregação de partículas de solo pelo impacto das gotas

Após a determinação anterior da energia cinética das gotas da chuva excluindo a fracção que diz respeito à interceptação, pode-se determinar a desagregação das partículas de solo devido ao impacto das gotas de chuva (F) pelo seguinte modo (Eq.2.21).

$$F = K \times KE \times 10^{-3}$$

Sendo :

F : Desagregação das partículas de solo pelo impacto das gotas $[kg/m^2]$ **(Eq.2.21)**

K : Erodibilidade do solo $[g/J]$

KE: Energia Cinética total efectiva $[J/m^2]$

É de referenciar que também estão disponíveis no guia de parâmetros do solo os valores de K de acordo com a classe de textura (Tabela 4-11).

2.2.5. Desagregação de partículas de solo pela escorrência

O modelo revisto inclui também uma nova componente que estima a desagregação das partículas do solo devido à escorrência formada (H). Segundo o trabalho de Quansah (1982) em Morgan (2001), este factor é considerado como função da escorrência (Q), declive da encosta (S) e resistência do solo (Z).

$$H = Z \times Q^{1,5} \times \sin[S(1 - GC)] \times 10^{-3}$$

Sendo:

$$\begin{aligned} H: & \text{Desagregação de das partículas do solo } \left[\text{kg/m}^2 \right] \\ Z: & \text{Resistência do solo (entre 0 e 1) } \left[\text{adimensional} \right] \\ Q: & \text{Escorrência anual } \left[\text{mm} \right] \\ S: & \text{Declive da encosta } \left[^\circ \right] \\ GC: & \text{Fracção de cobertura vegetal } \left[\text{adimensional} \right] \end{aligned} \quad (\text{Eq.2.22})$$

De forma a determinar o factor que dita a resistência do solo, surgiu graças a Rauws e Govers (1988) em Morgan (2001), a seguinte equação que traduz nesse factor as medições efectuadas pelo torvane no local de estudo (Eq.2.23).

$$Z = \frac{1}{(0,5 \times COH)}$$

Sendo:

$$\begin{aligned} Z: & \text{Resistência do solo (entre 0 e 1) } \left[\text{adimensional} \right] \\ COH: & \text{Coesão do solo } \left[\text{kPa} \right] \end{aligned} \quad (\text{Eq.2.23})$$

As medições dos valores de coesão devem ser efectuados em solos em condições de saturação com o torvane ou então utilizar os valores aproximados de acordo com a classe de textura (Tabela 4-11).

2.2.6. Capacidade de transporte da escorrência

O método para a determinação da capacidade de transporte de sedimentos por parte da escorrência superficial manteve-se inalterado (Eq.2.24).

$$TC = C \times Q^2 \times \sin(S) \times 10^{-3}$$

Sendo :

$$TC : \text{Capacidade de transporte da escorrência} \left[\text{kg/m}^2 \right] \quad (\text{Eq.2.24})$$

$$C : \text{Factor de coberto vegetal} \left[\text{adimensional} \right]$$

$$Q : \text{Escorrência anual} \left[\text{mm} \right]$$

$$S : \text{Declive da encosta} \left[^\circ \right]$$

O factor de coberto vegetal descrito nesta equação diz respeito ao produto do factor C com o P da USLE, e tem de ser ajustado de acordo com a técnica agrícola aplicada ao solo.

2.2.7. Estimativa da Erosão

A estimativa da erosão no local será então o valor mais baixo de dois valores (Eq.2.25). Sendo o primeiro, a soma da desagregação das partículas de solo devido ao impacto das gotas de chuva (F) com a desagregação das partículas do solo devido à escorrência formada (H) que representa a capacidade de desagregação do solo total anual, e o segundo a capacidade anual de transporte de sedimentos por parte da escorrência superficial (TC).

$$\text{Perdas de Solo} = \begin{cases} F + H & \text{se } F + H < TC \\ TC & \text{se } TC < F + H \end{cases}$$

Sendo :

$$F + H : \text{Capacidade de desagregação do solo} \left[\text{kg/m}^2 \right] \quad (\text{Eq.2.25})$$

$$TC : \text{Capacidade de transporte da escorrência} \left[\text{kg/m}^2 \right]$$

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

3. Área de Estudo

3.1. Localização Geográfica

O local de estudo encontra-se na região Centro de Portugal, no Distrito de Aveiro, e pertence ao concelho de Albergaria-a-Velha na pequena localidade de Açores (Figura 3.1). Esta área foi sujeita a um incêndio florestal que cobriu aproximadamente 270 hectares em Julho de 2005 e desde então foi alvo de estudo do projecto EROSFIRE.

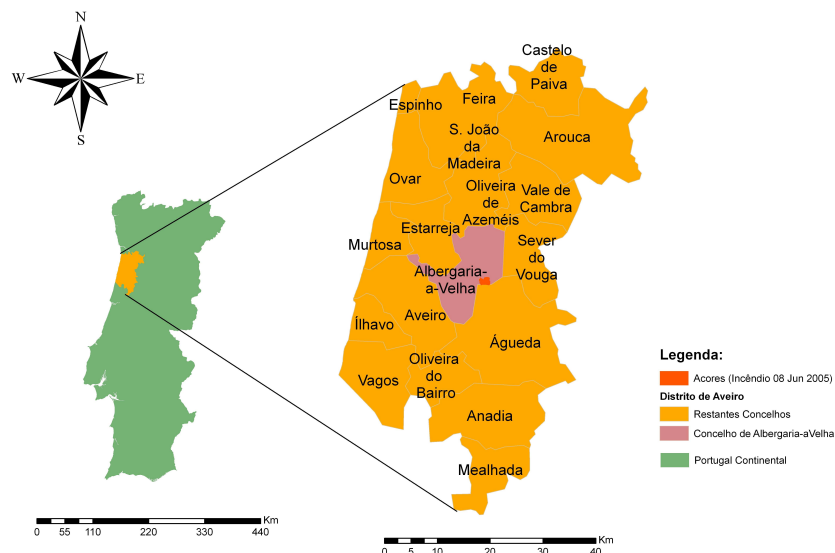
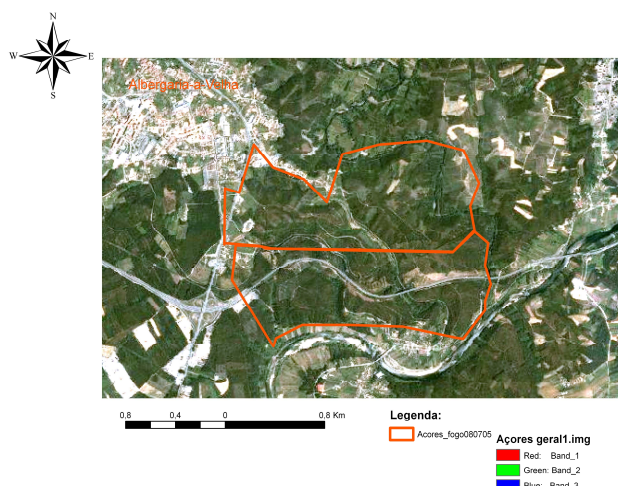


Figura 3.1 – Localização Geográfica da área de estudo relativamente ao Distrito e Concelho (Adaptado de Carta Administrativa, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).

Esta área de estudo encontra-se a sudoeste de Albergaria-a-Velha, e é delimitada



pelos Rio Caima de Norte a Oeste, pela Auto-Estrada A25 a Sul e pela Nacional N1 a Oeste (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Área sujeita ao incêndio.

Quanto à topografia do local, segundo a informação facultada, existe uma orientação dominante das encostas nos sentidos Noroeste (NE) e Sudoeste (SW), variando entre as altitudes de 10 a 135 metros (Figura 3.3).

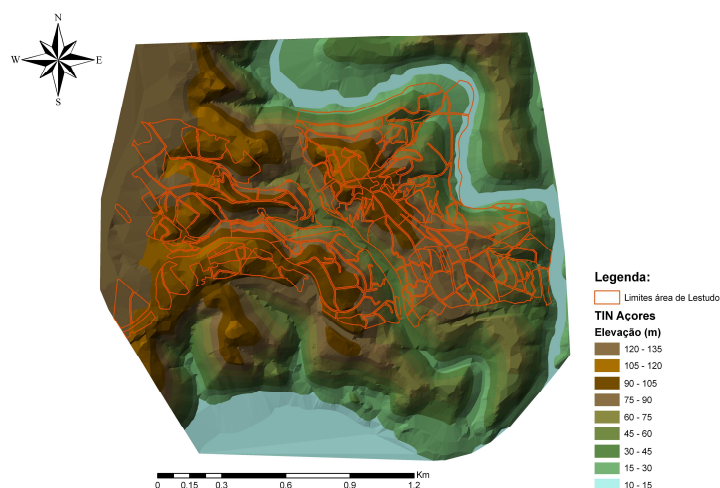


Figura 3.3 – Relevo e Altimetria em Açores e na área de estudo.

Quanto aos declives existentes na área de estudo, encontram-se entre 0 e 90° o que suscita alguma crítica quanto a este último limite, levando-nos novamente a ponderar sobre os erros da cartografia facultada (Figura 3.4). Refere-se ainda que este mapa contempla um dos dados de entrada com mais relevância nos dois modelos estudados.

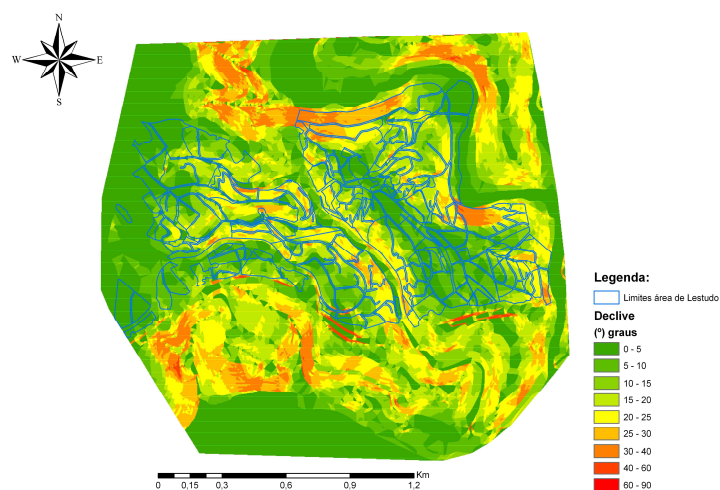


Figura 3.4 – Declive em Açores e na área de estudo.

3.2. Tipo de Solo

De acordo com a Figura 3.5, a zona de estudo possui um solo do tipo Cambissolo, que se pode caracterizar de uma maneira geral como um solo jovem, moderadamente desenvolvidos sobre uma rocha parental pouco a moderadamente meteorizada, não apresentando quantidades apreciáveis de argila, matéria orgânica e componentes de Alumínio ou Ferro (FAO, 2006).

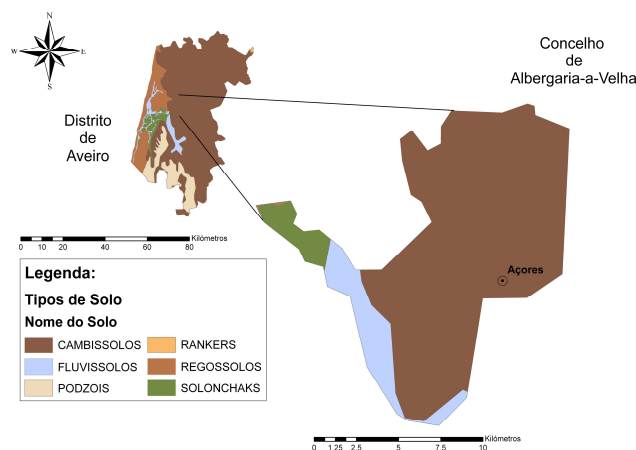
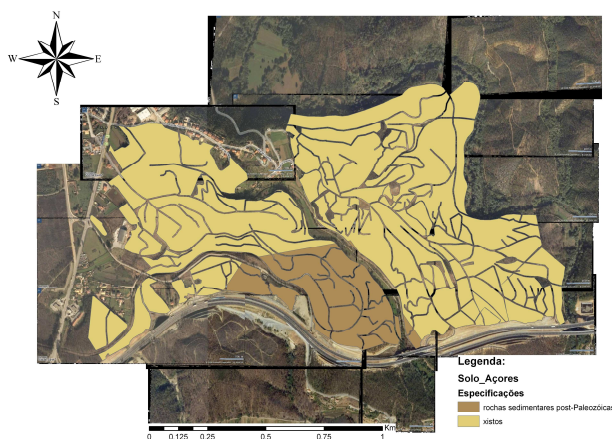


Figura 3.5 – Caracterização do Distrito de Aveiro e Concelho de Albergaria-a-Velha, quanto ao tipo de solo (Adaptado de Carta dos Solos, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).



Este tipo de solo está bem representado em climas temperados (neste caso mediterrâneo-atlântico), apresentando neste local específico o domínio da ocorrência de xistos (Figura 3.6).

Figura 3.6 – Caracterização da área de estudo, quanto às especificações do tipo de solo.

3.3. *Clima*

O clima da área de estudo é um factor com elevada importância, no que toca à recuperação do ecossistema e de fenómenos de erosão do solo após a ocorrência de um incêndio. Isto porque condiciona o crescimento da vegetação e a cobertura protectora do solo e também porque é o responsável directo da erosão hídrica pela ocorrência de precipitação. Devido às pequenas variações existentes relativamente aos dados meteorológicos a análise que de seguida se apresenta, será à escala do concelho de Albergaria-a-Velha pois será mais realista e representativa do local.

Com uma insolação de 2300-2600 horas anuais (Figura 3.7) a área de estudo possui uma exposição solar bastante elevada, que aliado à orientação geográfica da maioria das suas encostas de Sul/Sudeste corre um risco elevado de incêndio e de possuir menores capacidades de infiltração que as encostas mais sombreadas (Malvar. 2007), devido a fenómenos de repelência que ocorrem quando a humidade decresce substancialmente.

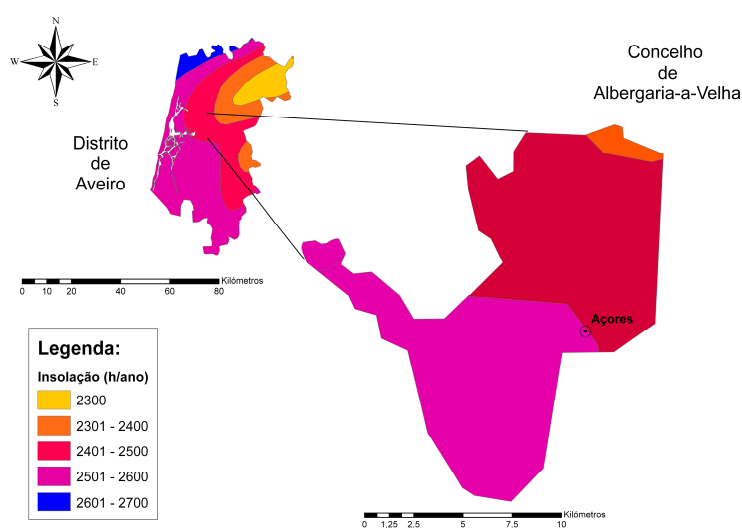


Figura 3.7 – Caracterização do Distrito de Aveiro e Concelho de Albergaria-a-Velha, quanto à insolação anual (Adaptado de Insolação, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).

A área de estudo ainda apresenta a temperatura média anual entre 12,6 – 16 °C (Figura 3.8) típico de um clima temperado húmido.

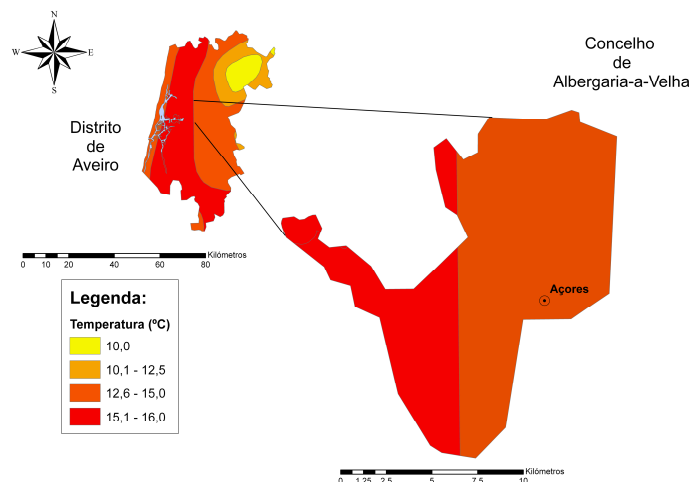


Figura 3.8 – Caracterização do Distrito de Aveiro e Concelho de Albergaria-a-Velha, quanto à temperatura média anual. (Adaptado de Temperatura, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).

Como neste caso (Figura 3.9) existe uma variação mais acentuada que nos mapas expostos anteriormente, pode-se caracterizar a precipitação local na ordem dos 800-2000 mm/ano. Esta figura é importante pela sua representatividade visto que caracteriza o local como de elevada susceptibilidade a variações de precipitação, o que torna o estudo de erosão no local muito menos linear.

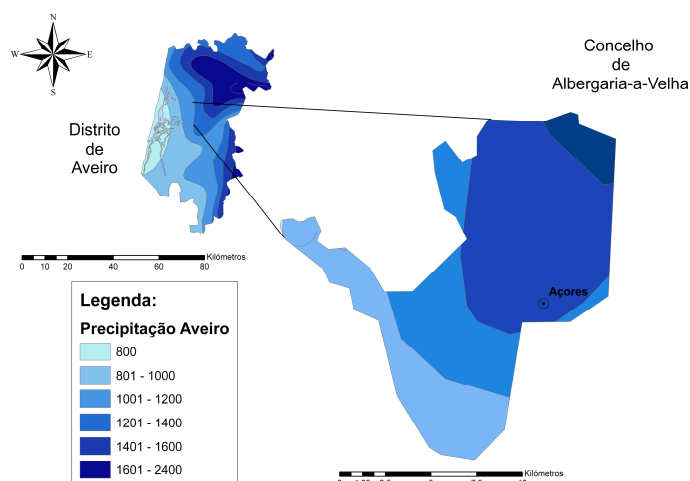


Figura 3.9 – Caracterização do Distrito de Aveiro e Concelho de Albergaria-a-Velha, quanto à precipitação média anual (Adaptado de Precipitação, Atlas do Ambiente Digital - Instituto do Ambiente, 2008).

3.4. *Uso do Solo*

Segundo a informação providenciada pela Câmara Municipal de Albergaria-a-Velha, uso do solo em Açores é maioritariamente constituído por Eucaliptais (85,8 %) (Figura 3.10). Ainda assim, como se suspeitou que a cartografia cedida poderia estar desactualizada alguns locais foram sujeitos a uma verificação quanto ao uso do solo e à técnica de lavragem aplicada, revelando que a área abrangida pelos Eucaliptais ainda é maior do que a descrita. O motivo que levou a criticar essa informação baseia-se essencialmente por surgirem no meio de uma área vasta em eucaliptais uma classificação de mato e de vinhas quando no primeiro contacto que existiu no local nenhum destes aspectos foram observados.

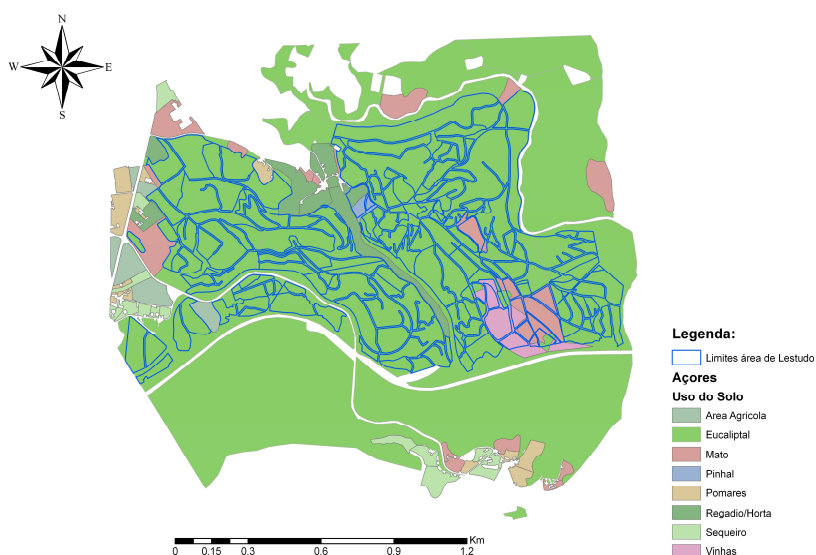


Figura 3.10 – Uso do Solo em Açores na área de estudo em 2005.

A área estudada diz respeito a encostas compostas apenas por Eucaliptais, e desta forma é importante referir, que ainda que sejam área uniformes ao nível do uso de solo apresentam uma variabilidade devido aos vários tipos de técnicas utilizadas pelos proprietários, das quais se destacam:

- Corte de árvores;
- Lavragem do terreno com várias orientações;
- Construção de terraços;
- Aplicação de composto e limpeza regular (pouco frequente);
- Não realização de qualquer tipo de intervenção.

Relativamente à relação que este tipo de uso do solo apresenta com os incêndios florestais, pode-se afirmar que devido ao facto das plantações de eucalipto em Portugal se apresentarem como manchas contínuas de vegetação, ocorre então uma susceptibilidade mais acentuada à propagação de incêndios (Silva *et al*, 2007).

Também devido ao facto de as folhas se apresentarem com uma elevada inflamabilidade, que as cascas do tronco possuem características que favorecem bastante a propagação do fogo e ainda ao facto de materiais finos em combustão poderem sobrevoar quilómetros formando uma nova frente de fogo constitui algumas das grandes dificuldades para o combate de um incêndio nestes locais.

Por fim, aliando ao facto de que estes evoluíram num ambiente em que o fogo é um fenómeno natural recorrente, possuem características que lhes permite reconstituir a copa queimada emitindo rebentos nessa mesma (Silva *et al*, 2007) (Figura 3.11).



Figura 3.11 – Pormenor de rebento de eucalipto a surgir de uma copa queimada.

3.5. *Locais de Monitorização*

Apresentam-se então aqui as áreas que foram estudadas desde Setembro de 2005 no âmbito do projecto EROSFIRE. Este estudo recorreu a várias campanhas de Simulações de Chuva e à instalação de Parcelas Abertas de forma a determinar sua resposta hidrológica em termos de escorrência e taxas de erosão no local.

Em todos os estudos anteriormente realizados estas áreas foram denominadas por Açores 1 e Açores 2, mas de forma a não se confundir com a atribuição de classes realizada para o inventário de eventos erosivos denominar-se-á por Açores-ms1 e Açores-ms2.

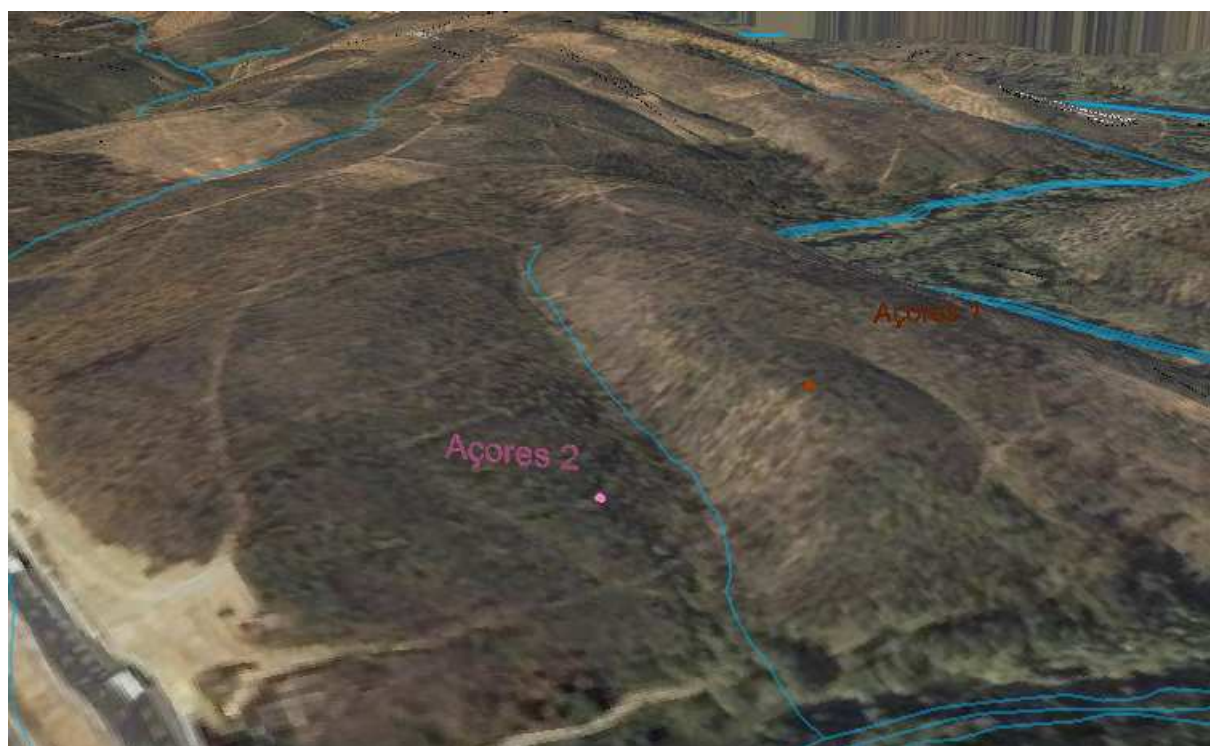




Figura 3.12 – Perspectiva de Açores-ms1 e Açores-ms2, imagem produzida com o programa ArcGIS 9.2.

Como já foi referenciado anteriormente, estas áreas foram alvo de outros estudos anteriores pelo projecto EROSFIRE, pelo que a sua descrição está bem detalhada (Tabela 3-1)

Tabela 3-1 – Características gerais dos dois locais (Adaptado de Malvar, 2007)

Características	Açores-ms1	Açores-ms2
Uso do solo	Eucaliptal	Eucaliptal
Práticas de conservação do solo	Não existe	Lavrado segundo em faixas no sentido do maior declive
Orientação (°)	205 SO	40 NE
Declive	21	15
Severidade do Incêndio	Média-baixa	Média
Comprimento encosta (m)	40	48
Tipo de Solo	Umbric Leptosol (FAO, 1988) com Xisto	
Foto do início do período de estudo	 <p>Figura 3.13 – Micro-parcela em Açores 1 (Original)</p>	 <p>Figura 3.14 – Micro-parcela em Açores 2 (Original)</p>

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

4. Materiais e Métodos

4.1. Simulações de Chuva

As simulações de chuva na área de estudo consistiram num conjunto de campanhas de trabalho de campo desde Setembro de 2005 (logo a seguir ao incêndio registado no local) até Junho do ano de 2007, que adaptado do protocolo MEDAFOR (ENV4-CT98-0686) permitiu a recolha de dados de escorrência e erosão. Apresenta-se aqui uma compilação de dados já anteriormente analisados por Prats (2007) no âmbito da sua dissertação.

As simulações de chuva foram realizadas com um simulador segundo Cerdá *et al*, 1997 em Prats (2007), e têm as seguintes características:

- Simula uma hora de chuva, numa área de 0,28 m² obtendo-se 5 amostras de escorrência;
- Permite a simulação de chuva de eventos extremos com alto poder erosivo:
 - Simulação de chuva Standard (45 mm/h) que corresponde ao máximo para um período de retorno de 100 anos;
 - Simulação de chuva com alta intensidade (80 mm/h) que corresponde ao máximo alguma vez registado em Portugal (Brandão *et al*, 2001);

O simulador é constituído pelos seguintes elementos (Figura 4.1):

- 1 Aspersor;
- 4 Pernas telescópicas;
- 1 Bomba de 12 volts com um balão que puxa a água a uma pressão pré-calibrada em laboratório;
- 1 Bateria;
- Tanques de água;

No campo, o simulador é nivelado de forma a originar uma precipitação a 2 metros de altura e o nozzle é nivelado de forma a produzir uma pluma de água sobre a parcela.

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

Toda a estrutura também possui uma tenda em seu redor de forma limitar a influência do vento na direcção da pluma.

A simulação de chuva inicia após a bomba entrar em funcionamento à pressão requerida durante uma hora, é cronometrada de forma a medir a escorrência por ela formada de minuto a minuto e amostras de escorrência são recolhidas.



Figura 4.1 – Simulador de chuva



Figura 4.2 – Parcela e copos utilizados no simulador para a sua calibração.

As cinco amostras da escorrência anteriormente referidas, são também analisadas no laboratório com o intuito de determinar o teor de sedimentos e matéria orgânica.

No local da experiência faz-se então 6 simulações, duas para cada uma das intensidades na secção superior e inferior da encosta e ainda duas outras de controlo entre a baixa e alta intensidade da precipitação (Figura 4.3).

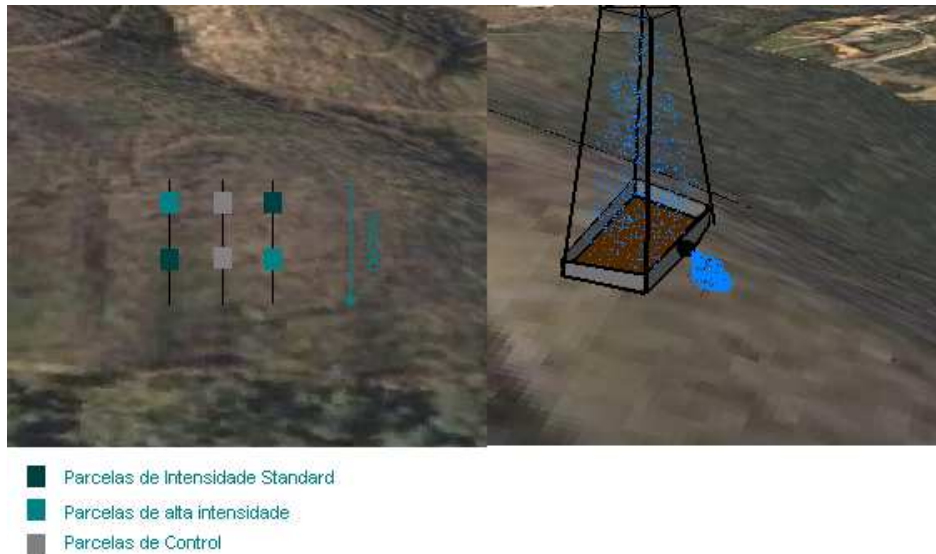


Figura 4.3 – Esquema representativo das simulações feitas em cada encosta e simulador.

Os valores de escorrência a analisar numa simulação de chuva de uma hora, são a escorrência (mm) e o coeficiente de escorrência (%). Estes são determinados pelas equações (Eq.4.1 e 4.2):

$$Escorrência = \frac{(\sum E_i)}{Area\ parcela} \times 10^{-3}$$

Sendo:

Escorrência : Escorrência total da simulação [mm]

E_i : Escorrência [ml]

i : minuto de simulação

Area Parcela: Área da parcela [m²]

(Eq.4.1)

$$Coeficiente\ de\ escorrência = \frac{Escorrência}{Precipitação\ total} \times 100$$

Sendo:

Coeficiente de escorrência: Razão entre escorrência e precipitação [%]

Escorrência: Escorrência total da simulação [mm/]

Precipitação total: Precipitação total ocorrida na simulação [mm]

(Eq.4.2)

De forma a poder comparar diferentes parcelas são então corrigidos estes valores de acordo com a inclinação característica de cada uma, multiplicando-os pela razão da área da parcela sobre a área projectada.

Quanto aos resultados de erosão a analisar numa simulação de chuva de uma hora, correspondendo à erosão de solo (mg/m^2), pode ser determinado pela seguinte equação (Eq.4.3):

$$\text{erosão de solo} = \frac{\sum ([\text{solo}]_{\text{amostra } i} \times V_{\text{amostra } i})}{\text{Área da parcela}}$$

Sendo:

erosão do solo : perdas de solo da parcela $[\text{mg}/\text{m}^2]$

$[\text{solo}]_{\text{amostra}}$: Concentração de solos de cada amostra $[\text{mg}/\text{ml}]$

V_{amostra} : Volume de amostra recolhida $[\text{ml}]$

i : número de amostragens de escorrência

Área da parcela : Área da parcela $[\text{m}^2]$

(Eq.4.3)

Tal como anteriormente, de forma a poder comparar diferentes parcelas são então corrigidos estes valores de acordo com a precipitação característica de cada uma das simulações, dividindo-os pela respectiva precipitação.

4.2. Parcelas Abertas

A experiência de medição da escorrência e erosão com as Parcelas Abertas começou a funcionar desde Setembro de 2005 (aproximadamente igual às Simulações de Chuva) na mesma área de estudo Açores-ms1 e Açores-ms2 (Figura 3.12 e Tabela 3-1), e os dados deste estudo totalizam um ano após o dito início. Apresenta-se aqui uma compilação de dados já anteriormente analisados por Palácios (2007) no âmbito da sua dissertação.

As parcelas abertas são dispositivos colocados nas encostas que permitem recolher a água sobre a forma de escorrência (Figura 4.4). Estas são compostas por um conjunto de placas metálicas em forma de “vê” que encaminham a água com o objectivo desta passar por um único orifício que está conectado a uns tanques de recolha (Figura 4.5). Estes tanques estão também conectados com outros tanques em caso dos primeiros não possuírem suficiente capacidade de armazenamento.



Figura 4.4 – Parcela aberta e visão da encosta a montante.



Figura 4.5 – Parcela aberta em Açores 2 (Original)

De duas em duas semanas aproximadamente as leituras do volume de escorrência foram realizadas e amostras dessas mesmas foram recolhidas (1,5 L) para posterior análise de laboratório, relativamente ao teor de Sedimentos e Matéria Orgânica.

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

Simultaneamente foram também realizadas medições de precipitação através de um pluviómetro automático (Figura 4.6) e um totalizador (Figura 4.7) permitindo associar a uma dada escorrência o evento chuvoso que a originou.



Figura 4.6 – Pluviómetro automático



Figura 4.7 – Pluviómetro totalizador

Analogamente às simulações de chuva os dados recolhidos das parcelas abertas servirão para providenciar valores de erosão e escorrência *in situ*, de forma a colmatar as dificuldades inerentes à modelação de risco de erosão.

Como tal, pelo facto de esta experiência proporcionar uma descrição bastante detalhada a actividade hidrológica do local, é possível conjuntamente com os dados das Simulações de Chuva caracterizar plenamente a área de estudo e desta forma, determinar por que motivo as respostas hidrológicas são diferente em Açores-ms1 e Açores-ms2 e extrapolar para as diferentes áreas envolventes.

Os resultados deste estudo têm origem num total de 8 parcelas distribuídas por Açores-ms1 e Açores-ms2, mas como cada uma é específica nas suas características espera-se alguma variabilidade nos resultados (Tabela 4-1).

Tabela 4-1 – Quadro resumo de algumas características das Parcelas Abertas.

Parcelas		Área (m ²)	Inclinação (°)
Açores 1 (Original)	OP1-18	88	21
	OP1-18L	88	
	OP2-17	88	
	OP2-17R	88	
Açores 2 (Original)	OP3-20	40	15
	OP3-R20	37	
	OP11-19	30	
	OP11-L19	32	

Nesta etapa apenas vamos abordar os dados de escorrência e de erosão, completando de uma forma superficial os resultados das medições de precipitação. Isto porque, devido ao facto de esses dados serem utilizados em mais do que um tema, no capítulo 5.5.1 serão especificados os detalhes do tratamento envolvente à precipitação natural.

Os valores de escorrência a analisar nas Parcelas Abertas são a Escorrência mensal (mm) e o coeficiente de escorrência total (%). Estes são determinados pelas equações (Eq.4.4 e 4.5):

$$Escorrência = \frac{(\sum E_i)}{Area\ parcela} \times 10^{-3}$$

Sendo:

$$Escorrência : Escorrência\ total\ do\ mês [mm]$$

$$E_i : Escorrência [ml]$$

$$i : número\ de\ monitorizações\ por\ mês$$

$$Area\ Parcela : Área\ da\ parcela [m^2]$$

(Eq.4.4)

$$\text{Coeficiente de escorrência} = \frac{\text{Escorrência}}{\text{Precipitação total}} \times 100$$

Sendo:

$$\text{Coeficiente de escorrência: Razão entre escorrência e precipitação } [\%] \quad (\text{Eq.4.5})$$

$\text{Escorrência: Escorrência total anual } [mm]$

$\text{Precipitação total: Precipitação total ocorrida } [mm]$

Quanto aos resultados de erosão a analisar nas Parcelas Abertas, correspondendo à erosão de solo mensal (mg/m^2), pode ser determinado pela seguinte equação (Eq.4.6):

$$\text{erosão de solo} = \frac{\sum ([solo]_{amostra\ i} \times V_{amostra\ i})}{\text{Área da parcela}}$$

Sendo:

$\text{erosão do solo : Perdas de solo } [mg/m^2]$

$[solo]_{amostra}$: Concentração de solos de cada amostra $[mg/ml]$

$V_{amostra}$: Volume de amostra recolhida $[ml]$

i : número de monitorizações por mês

$\text{Área da parcela: Área da parcela } [m^2]$

(Eq.4.6)

4.3. *Trabalho Laboratorial*

De forma a determinar as taxas de erosão do solo, foram realizadas no laboratório do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro as análises com vista a determinar a concentração de Sedimentos e Matéria Orgânica. Esta metodologia foi aplicada na análise das amostras de escorrência recolhidas tanto nas Simulações de Chuva como nas Parcelas Abertas.

No que toca à classe textura das amostras de solo, essas análises foram realizadas no laboratório da Escola Superior Agrária de Coimbra no âmbito do projecto EROSFIRE.

Em resultado das diferenças existentes quanto às características dos lotes que normalmente se determinam na análise mecânica dos solos, o comportamento físico e químico dos solos minerais depende fortemente das proporções relativas de areia, limo, e argila, isto é, da sua textura (Botelho da Costa, 1975).

O interesse na determinação da classe de textura deve-se ao facto de esta característica dos solos ser das mais estáveis, uma vez que seja determinada não é necessário repeti-la mais no tempo. É importante conhece-la pois afecta fortemente as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Malvar, 2007).

As escalas que definem as classes de Textura são várias, mas neste trabalho vamos abordar a adoptada pela United States Department of Agriculture (USDA).

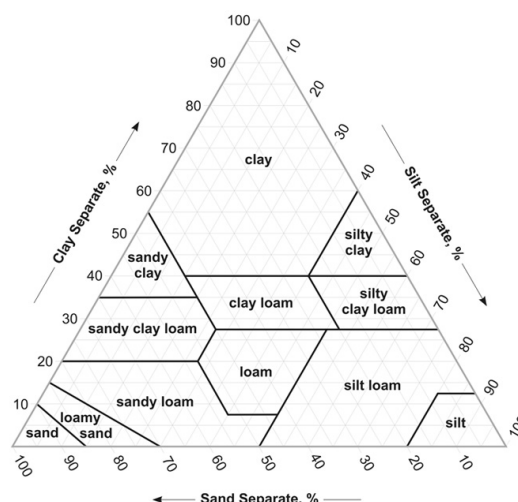


Figura 4.8 – Diagrama Triangular de Classes de Textura (USDA em <http://soils.usda.gov/>).

4.3.1. Determinação de Concentração de Sedimentos e Matéria Orgânica

De forma a determinar a concentração de sedimentos conteúdo de matéria orgânica nas amostras de escorrência recolhidas seguiu-se o procedimento simplificado (Figura 4.9):

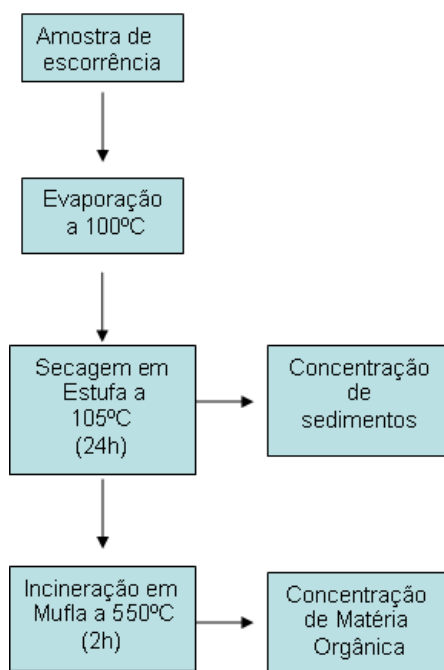


Figura 4.9 – Procedimento experimental para a determinação da Concentração de Sedimentos e Matéria Orgânica das amostras de escorrência

Na determinação da concentração de Sedimentos é aplicada a seguinte equação (Eq.4.7):

$$[sedimentos] = \frac{m_{amostraseca}}{V_{amostra}}$$

Sendo:

$[Sedimentos]$: concentração de sedimentos $[mg/ml]$

$m_{amostraseca}$: massa da amostra após estufa $[mg]$

$V_{amostra}$: volume de escorrência amostrado $[ml]$

(Eq.4.7)

Na determinação da concentração de Matéria Orgânica é aplicada a seguinte equação (Eq.4.8):

$$[\text{Matéria Orgânica}] = \frac{m_{\text{amostraseca}} - m_{\text{incinerada}}}{m_{\text{amostraseca}}}$$

Sendo:

$[\text{Matéria Orgânica}]$: concentração de sedimentos $[\text{mg/ml}]$ (Eq.4.8)

$m_{\text{amostraseca}}$: massa da amostra após estufa $[\text{mg}]$

$m_{\text{incinerada}}$: massa da amostra após incineração $[\text{mg}]$

4.3.2. Determinação de Classes de Textura

De forma a determinar a classe de textura, a síntese dos procedimentos encontra-se na Tabela 4-2.

Tabela 4-2 – Fracção, diâmetro das partículas e descrição do processo de determinação

Fracção	Diâmetro das Partículas (mm)	Descrição do Processo
Areia grossa	0,5 - 2	Crivagem
Areia fina	0,05 - 0,5	Pipetagem numa coluna de sedimentação de acordo com a temperatura e um determinado período de espera tabelados
Limo	0,002 - 0,05	
Argila	<0,002	Sedimentação e decantação (tempos de espera tabelados) alternadas de forma a restar apenas a areia fina na coluna de sedimentação.

4.4. Validação de Campo

Para executar a validação da modelação realizada para a área de estudo procedeu-se a uma validação *in situ* através de um inventário de fenómenos erosivos. Este inventário baseou-se numa metodologia muito específica desde a selecção das características que vão de encontro com este estudo até à selecção dos locais onde este seria possível realizar.

Esta metodologia é deveras importante, devido não só às características do local, mas também devido ao tempo e meios limitados para a realização dos trabalhos de campo. De tal forma que a sua elaboração ainda que demorada e complexa foi primordial para um melhor rendimento e planeamento de todos o trabalho realizado na área de estudo.

4.4.1. Identificação das unidades de gestão florestal e selecção das áreas de inventário

Com o objectivo de seleccionar um conjunto de áreas uniformes em termos de características importantes no processo de erosão e também relativos aos parâmetros a ter em conta nos modelos aplicados, foi necessário um grande conjunto de informação do local de estudo.

A partir de uma base de dados em SIG fornecida pela Câmara Municipal de Albergaria-a-Velha (Tabela 4-3) foi feita a caracterização da localidade de Açores segundo vários factores de forma a proceder a escolha das áreas.

Tabela 4-3 – Resumo da informação SIG facultada pela Câmara Municipal de Albergaria-a-Velha.

Dados	Detalhes	
Área atingida pelo incêndio em Julho de 2005	<ul style="list-style-type: none"> • Polígono que abrange toda a área do Incêndio 	
Altimetria	<ul style="list-style-type: none"> • Isolinhas de Altimetria entre 10 e 135 m, espaçadas por 5 m de altitude. 	
Hidrografia	<ul style="list-style-type: none"> • Lagoa • Linhas de Água • Nascentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Ribeiros • Rios • Tanques
Uso do Solo	<ul style="list-style-type: none"> • Área Agrícola • Eucaliptal • Mato • Pinhal 	<ul style="list-style-type: none"> • Pomar • Regadio/Horta • Sequeiro • Vinhas
Vias de Comunicação	<ul style="list-style-type: none"> • Aqueduto • Acessos de apoio a tráfego • Caminhos • Estrada Nacional 	<ul style="list-style-type: none"> • IC2 • IP5 • Pontes • Ruas • Caminhos-de-ferro

Após a execução de polígonos que representam cada tipo de uso do solo, foram escolhidas como base de trabalho um cruzamento das áreas com Eucaliptais com as áreas sujeitas a incêndio. O motivo que levou à escolha destas características como as principais deveu-se, no caso do Eucalipto, à sua representatividade na área (85,8%) e quanto ao factor incêndio pelo facto de o estudo em questão se dirigir para áreas ardidas.

Mas ainda assim foi necessário acrescentar mais informação pertinente a este estudo, nomeadamente se nos locais existiu qualquer intervenção pós-incêndio, trilhos e caminhos que não estivessem presentes na informação facultada e alterações recentes que sugiram na área devido ao facto da informação fornecida ter mais de 2 anos, nomeadamente alterações devidas à construção da A25 (Inaugurada a Setembro de 2006).

Esta informação suplementar foi obtida através de imagens aéreas do local após a sua correspondente georeferenciação no software ArcGIS. As imagens foram extraídas através do Google Earth para o ano de 2005 (antes do incêndio) e do Virtual Earth para o ano de 2007 (Anexo I e Anexo II), de forma a detectar as intervenções pós-incêndio (),

delinear trilhos em falta, representar as alterações que surgiram e ainda questionar sobre alguma informação facultada. Isto porque, foi detectado que alguns segmentos poderiam não corresponder à realidade verificando-se mais tarde no próprio local que essas dúvidas eram palpáveis.

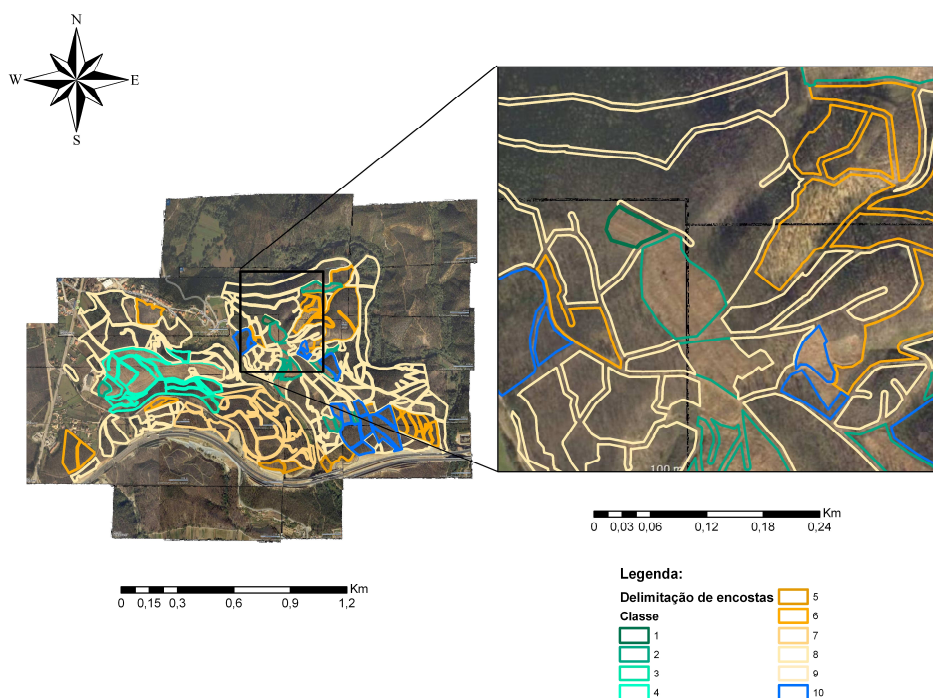


Figura 4.10 – Imagem das diversas unidades delineadas na área de estudo, e pormenor que demonstra diferentes intervenções observadas.

À base de trabalho escolhida, as áreas foram subdivididas tanto pelas linhas hidrográficas como pelas vias de comunicação/trilhos com um buffer de 3 metros, de forma a garantir a exclusão de irregularidades e erros inerentes não detectáveis do traçado e das próprias áreas das estradas e dos rios. Outras divisões das áreas foram realizadas pela observação das imagens aéreas, quanto às diferenças aparentes no tipo de vegetação, que poderiam implicar diferentes idades dos eucaliptos no local ou diferentes técnicas de tratamento por parte dos proprietários, delimitando as áreas o mais uniforme possível.

Por fim, após todas as delimitações aplicadas posteriormente foram extraídos ainda os polígonos com áreas inferiores a 1000 m² e com menos de 40 m de comprimento, pois são as dimensões mínimas consideradas para a elaboração de um transecto para a inventariação de fenómenos erosivos (25m largura X 40 m de comprimento segundo o maior declive).

Após este importante tratamento de dados seguiu-se a classificação dos polígonos segundo a intervenção pós-fogo (intervenção visível ao nível do solo), técnica agrícola aplicada ao solo (visualização de ortofotomapas) e segundo informação geológica obtida em SIG (Tabela 4-4).

Obtendo desta forma as seguintes classificações:

- Com Intervenção pós-fogo:
 - Lavrado – Áreas cuja intervenção após o incêndio seja visível através das fotografias aéreas, apresentando uma orientação de lavragem;
 - Não Perceptível – Áreas que são sujeitas a intervenção segundo as fotografias aéreas, mas não é possível atribuir uma prática de conservação no solo, na sua maioria serão reclassificadas segundo lavrado ou terraços após a correspondente validação de campo;
 - Terraços – Áreas que apresentam intervenção recente visível sobre a forma de terraços;
- Sem Intervenção pós-fogo:
 - Lavrado – Zonas sem intervenção pós-fogo devido a apresentarem maior densidade florestal mas que apresentam uma ordem na orientação dos eucaliptos;
 - Não Perceptível – Áreas em que é possível apenas verificar que não são intervencionadas, e que após a sua validação serão reclassificadas como sem qualquer intervenção ou como lavrados a terraços feitos antes do incêndio;
 - Terraços – Áreas que apresentam intervenção anterior ao incêndio sobre a forma de terraços;
- Verificar – Áreas cuja classificação de uso de solo facultada pela Câmara Municipal de Albergaria-a-Velha suscitou dúvidas quanto ao uso do solo.

Tabela 4-4 – Classificação segundo intervenção, técnica agrícola aplicada e Geologia associada a cada polígono.

Intervenção pós-fogo	Técnica Aplicada	Número classe	Geologia	Área total (m ²)	Área total (%)	Número Polígonos	Número amostrados
Com Intervenção	Lavrado	1	Xistos	1530	0,14	1	0
	Não Perceptível	2	Xistos	44873	3,99	12	2
	Terraços	3	Rochas sedimentares post-Paleozóicas	5721	0,51	2	1
		4	Xistos	122282	10,86	15	4
Sem Intervenção	Lavrado	5	Rochas sedimentares post-Paleozóicas	11132	0,99	3	0
		6	Xistos	149233	13,26	22	4
	Não Perceptível	7	Rochas sedimentares post-Paleozóicas	138415	12,30	17	4
		8	Xistos	575868	51,16	77	8
	Terraços	9	Xistos	6659	0,59	1	0
Verificar	Verificar	10	Xistos	69839	6,20	14	-
Total Geral				1125552	100	164	23

De acordo com a percentagem de área associada a cada classe determinou-se o número de amostragens a fazer no local, excluindo-se classes menos relevantes (<1%). Posteriormente, a cada polígono foi associado um número aleatório (entre 0 e 1000) que ao ordenar permitiu obter uma lista aleatória de todas as áreas para cada classe.

Nas campanhas de trabalho de campo os locais foram estudados seguindo a ordem das listas anteriormente definidas, mas nem todos eles apresentavam a viabilidade para serem estudados, devido a estradas que não são visíveis por ortofotomapas surgirem no meio destas ou por ser impossível fazer o inventário devido à vegetação se apresentar muito densa. Como tal, no local era verificada a sua viabilidade de fazer o inventário, caso sim este era realizado, caso contrário verificava-se a área seguinte de modo a perfazer o número de transectos desejados para cada classe.

4.4.2. Campanhas de Trabalho de Campo

De forma a obter uma análise qualitativa da área modelada o inventário de fenómenos erosivos foi procedido em duas fases:

1ª Fase (5 Dias)

- Verificação de áreas que suscitavam dúvidas quanto ao uso de solo (Classe 10);
- Localização e verificação da viabilidade dos locais para a realização do inventário;
- Descrição dos fenómenos erosivos de escala superior.

Esta descrição foi baseada na selecção de áreas de 25m de largura por 40 m de comprimento mínimo, onde se verificou e descreveu a presença de fenómenos erosivo como rills, através de medições de profundidade e largura desses mesmos, descrição através de esquemas da área e ainda registo fotográfico (Anexo III, Anexo IV e Anexo V).

2ª Fase (4 Dias)

- Inventário de fenómenos erosivos nos mesmos locais à micro-escala;

No final da primeira fase foi realizada uma actualização de todos os dados, devido a este primeiro contacto com a realidade da área de estudo. Isto é, de acordo com a classificação feita, todos os locais foram verificados e inventariados (Figura 4.11), mas observou-se também que as classes nem sempre correspondiam à realidade. De forma a não desperdiçar recursos, procedeu-se então à segunda fase da campanha de trabalho de campo mas apenas nos locais cuja classificação era correcta e em número suficiente de forma a resultarem numa amostragem viável.

Nestes locais aplicou-se duas metodologias, uma para áreas sem intervenção e lavradas e outra para as zonas com terraços. No primeiro caso no meio de cada área foram seleccionados 5 pontos equidistantes onde se procedeu a uma descrição do coberto e eventos erosivos com uma grelha de 10 x 10 unidades de 5 x 5 cm. Foram recolhidas também amostras, foi medida a erodibilidade do solo com o torvane e a repelência (Anexo VI e Anexo VII). No segundo caso invés dos 5 pontos escolheu-se 3 terraços, o primeiro, o do meio e o último, e fez-se uma descrição dos fenómenos e coberto com base na presença/ausência destes e através de esquema ao longo de todo o terraço, sendo o restante procedimento análogo ao anterior (Anexo VIII e Anexo IX).

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

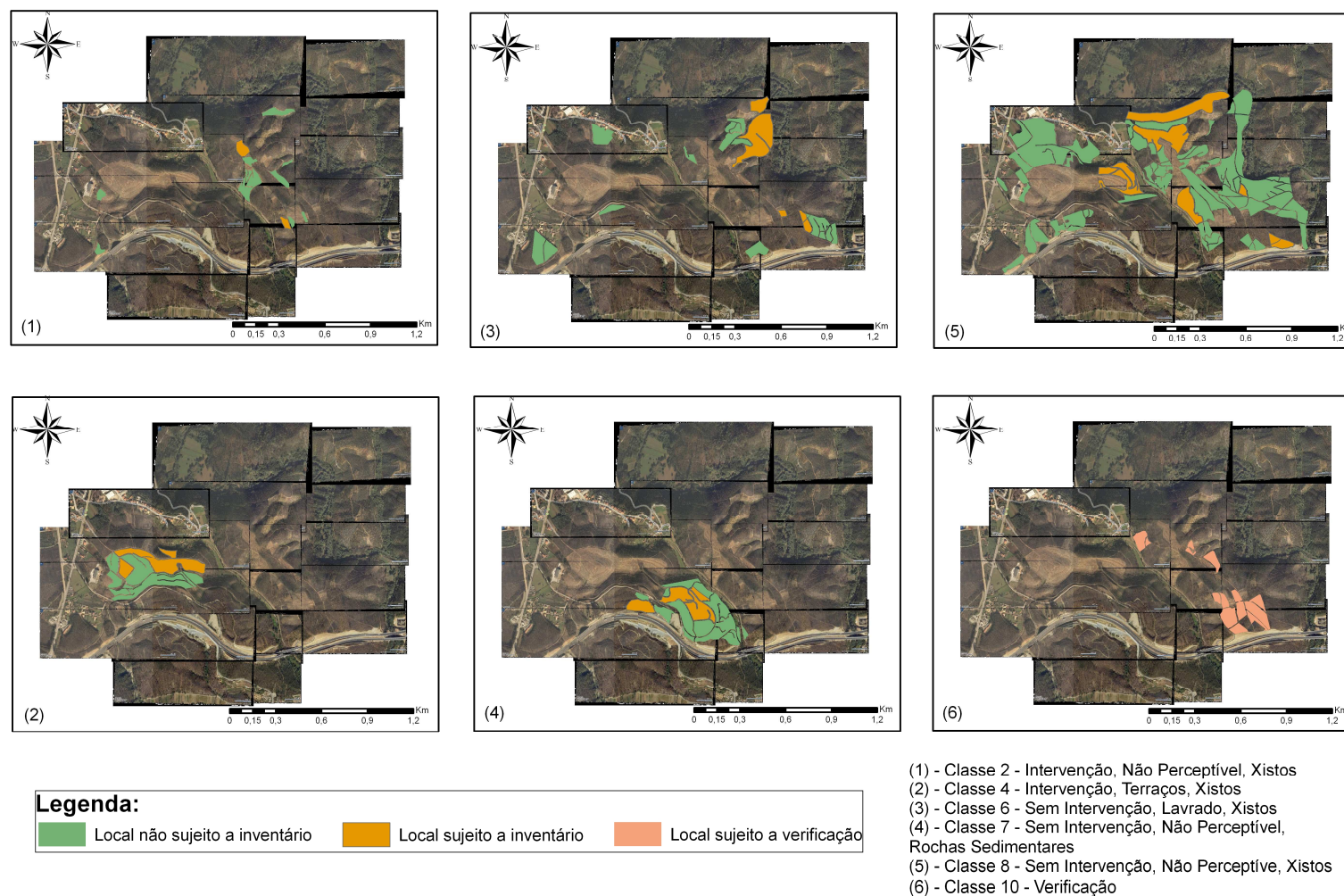


Figura 4.11 – Áreas das classes mais relevantes, distinguindo as que foram e que não foram sujeitas a inventário e as que necessitavam de verificação

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

4.5. Tratamento de dados

Como o tratamento de dados envolvente a este trabalho é bastante vasto, porque existem dados aplicados a ambos os modelos, e ainda dados específicos de cada um. Visto isto, primeiramente serão abordados os tratamentos aplicados que possuem uma aplicação geral, seguindo então para aplicações mais específicas.

4.5.1. Dados Transversais

4.5.1.1. Dados de Precipitação

Para efeito de cálculo do Factor R (Índice de Erosividade) no modelo USLE, do KE(DT) (Energia Cinética da precipitação que cai directamente no solo), para a escolha do parâmetro I (valor típico de intensidade de precipitação) e do R_0 (Média da Precipitação diária) no MMF, foi adoptada a seguinte metodologia.

Iniciou-se com o agrupamento dos dados de precipitação no local em base de 5 e 15 minutos, de forma a determinar quais as consequências derivadas das diferenças de base de análise para o ano hidrológico e para um ano e 3 meses de estudo.

Posteriormente foram determinados todos os eventos de chuva ocorridos nesse espaço de tempo, sendo feita a divisão desses eventos por períodos com mais de 6 horas sem precipitação.

De seguida em todos os eventos foram determinados os seguintes factores:

- Intensidade de Precipitação (I; mm/h);
- Intensidade de Precipitação máxima em cada evento para um período de 30 minutos (I_{30} ; mm/h);
- Energia Cinética (E; MJ/ha);
- Índice de Erosividade (R; MJ.mm/ha.h);

Apresentando-se por fim para o ano hidrológico e para o ano e três meses de estudo, o somatório da Energia Cinética dos vários eventos e a Média da Precipitação diária para entrada no modelo MMF e ainda o somatório do Índice de Erosividade de todos os eventos para o modelo USLE

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

Também foi calculado o Índice Modificado de Fournier com o intuito de obter uma classificação que descreva o potencial erosivo da precipitação (Tabela 4-5). E desta forma surgir como indicador na escolha do valor típico da intensidade da precipitação no local sugerindo que quanto mais elevado se apresentar potencial erosivo da precipitação mais elevada é a intensidade desta mesma.

Tabela 4-5 – Classificação de valores de IMF (CORINE-CEC (1992), extraído de Malvar (2007)).

Descrição	Classe	IMF
Muito Baixo	1	<60
Baixo	2	60-90
Moderado	3	90-120
Alto	4	120-160
Muito Alto	5	>160

4.5.1.2. Dados em Sistemas de Informação Geográfica

As especificações na metodologia adoptada para o tratamento de cartografia e informação complementar já foi referida anteriormente neste mesmo capítulo, mais especificamente na secção 4.2.2 que diz respeito à escolha das áreas de Inventário.

Nesta secção demonstra todo o tratamento realizado desde a base de trabalho que foi fornecida pela Câmara Municipal de Albergaria-a-Velha até todos os incrementos posteriores de forma a enriquecer essa mesma.

4.5.2. Dados de modelação com a USLE

4.5.2.1. Parâmetros de Entrada

De acordo com a Equação 2.1 existem cinco parâmetros de entrada no modelo e como se pode ver na figura que se segue (Figura 4.12) estes possuem várias origens.

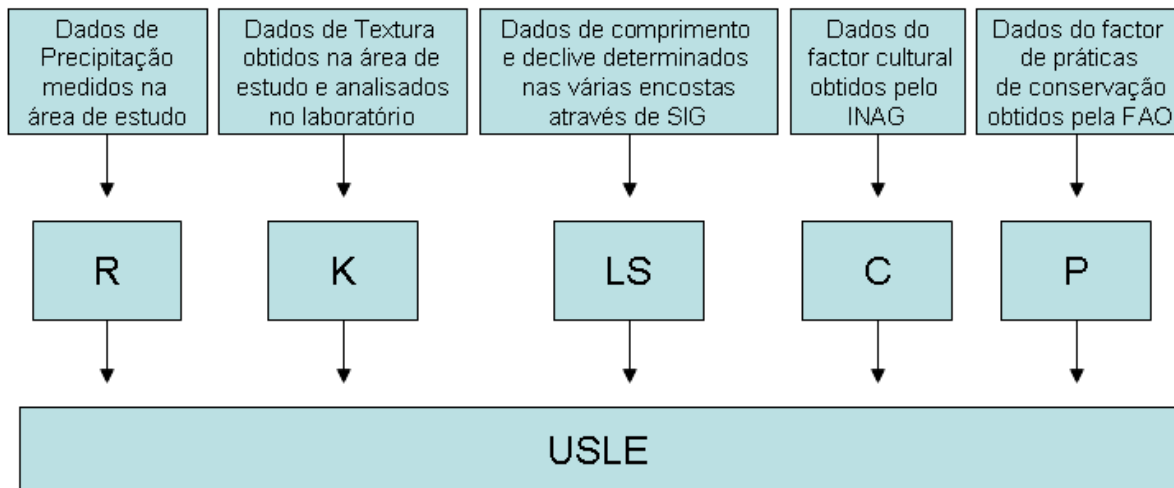


Figura 4.12 – Parâmetros de Entrada e origem dos dados do modelo USLE.

A metodologia do tratamento de dados relativos ao factor R já foi descrita anteriormente na secção 4.5.2.1, como tal não necessita de ser abordada novamente.

Quanto ao factor K, este foi obtido através da aplicação directa da equação 2.6, segundo os resultados obtidos pela determinação das classes de textura no laboratório da ESAC. É de referir que na tentativa de utilizar o ábaco proposto por Wischmeier e Smith (1978) (Figura 2.2) equivalente à equação anteriormente referida verificou-se uma inviabilidade devido a apresentar como percentagem de matéria orgânica máxima o valor de 4 % enquanto que os valores obtidos para a área de estudo se apresentaram muito acima (8,6 a 10,4 %).

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

Como alternativa a estas abordagens referidas, também foram analisados os valores de K estimados pelo INAG por Pimenta *et al*, 1999, de acordo com a classificação de solos da FAO e S.R.O.A. (Tabela 4-6).

Tabela 4-6 – Valores de K de acordo com a classificação FAO e S.R.O.A. (Extraído de Pimenta *et al*, (1999))

Classificação F.A.O. Escala 1:1 000 000		Classificação S.R.O.A. Escala 1:25 000		Valor de Erodibilidade
Nome	Código	Nome	Código	
	RO	Afloramentos Rochosos		0.00
Fluvissois	Jc	Aluvissois Antigos Calcários	Atlc, Atc, Atac	0.41
	Je	Aluvissois Antigos Não Calcários	Atl, At, Ata	0.19
	Jc	Aluvissois Modernos Calcários	Alc, Ac, Aac	0.44
	Jd,Je	Aluvissois Modernos Não Calcários	Al, A, Aa	0.26
Luvissois	Lo	Argiluvitados Pouco Insaturados (Atlânticos)	Med, Pard, Verm, Am	0.30
Vertissolos	Vc	Barros Castanho-Avermelhados	Cb, Bvc, Cpv, Cbc	0.34
	Vp	Barros Pretos	Bp, Bpc, Cp, Cpc	0.32
Cambissolos	Bkv	Calcários Pardos Para-Barros	Pc'	0.30
	Bk	Calcários Pardos, Normais	Pc, Pcg, Pcr, Pcs	0.32
	Bcc	Calcários Vermelhos, Normais	Pcx, Ptc, Pct, Rc	
	Bcv	Calcários Vermelhos Para-Barros	Vac, Vc, Vcr, Vcs	0.36
			Vct, Vcx	0.33
Luvissois	Lg	Hidromórficos Sem Horizonte Eluvial Para-Solos Argiluvitados Pouco Insaturados	Pb, Sag	0.36
Cambissolos	Bh	Litólicos Húmicos	Mns, Mnx	0.32
	Bh c	Litólicos Húmicos Vermelhos	Par, Pg, Pga, Pgm, Ppg, Psn, Pt, Vf, Vts, Vt	0.32
	Bd, Be	Litólicos Não Húmicos		0.31
	Bc	Litólicos Não Húmicos (Vermelhos)		0.31
Litossolos	ld	Litossolos	Eb, Ec, Ed, Eg, Egn, Ep	0.39
	le	Litossolos de Climas Sub-húmidos e Semiáridos	Eq, Ets, Etc, Et, Ex	
	le	Litossolos de Climas Sub-húmidos e Semiáridos (de rochas ultrabásicas)	Idem	
Luvissois	Lo	Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários, Normais	Pgn, Ppx, Pmg, Px	0.29
	Lv	Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários Para-Barros	Pm	0.23
	Lga,Lg	Mediterrâneos Pardos de Materiais Não Calcários Para Solos Hidromórficos	Pag, Pagx, Pdg, Pmh, Ppm	0.26
	Lo	Mediterrâneos Pardos de Materiais Calcários, Normais	Pac, Pbc	0.34
	Lkv	Mediterrâneos Pardos de Materiais Calcários, Para-Barros		0.31
	Lkg	Mediterrâneos Pardos de Materiais Calcários Para Solos Hidromórficos	Pdc	0.32
	Lrk,Lcr,Lf	Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Não Calcários, Normais	Vgn, Pv, Vx, Pvx, Vtc, Sr	0.32
	Lp	Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Não Calcários Com Materiais Lateríticos	Sr*	0.31
	Lrk	Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Calcários, Normais	Vcc, Vcd, Pvc, Vcv, Scv	0.38
	Lvr	Mediterrâneos Vermelhos de Materiais Calcários, Para-Barros	Vcm	0.19
Planossolos	We	Planossolos	Ps	0.25
Podzois	Po	Pódzois Com e Sem Surraipa	Pz, Ppt, Ppr, Ap	0.28
	Pg	Pódzois Hidromórficos sem Surraipa	Aph	0.51
	U	Rankers		
Regossolos	Rc	Regossolos Psamíticos	Rg	0.06
	Rd	Regossolos Psamíticos	Idem	0.06
	Re	Regossolos Psamíticos	Idem	0.06
Solonchanks	Zg	Salinos de Salinidade Moderada ou elevada	Als, Aslc, As, Asc, Asa Asac-Assl, Asslc, Ass Assc, Assa, Assac	0.18

Relativamente ao factor LS, foi necessário um tratamento mais profundo da cartografia de forma a determinar as duas componentes que envolvem este factor, que são o comprimento de cada encosta e o declive desta mesma.

Como tal, nas 164 encostas delineadas na área de estudo foram determinadas os comprimentos de cada uma no sentido de maior declive com a ferramenta Measure do ArcMap no software ArcGIS. Deve-se criticar bastante este método pelo facto de não ser muito rigoroso, mas teve de ser aplicado desta forma devido a limitações encontradas na introdução do código de cálculo deste factor.

Quanto ao declive de cada encosta optou-se pela determinação dos vários declives existentes em toda a área, divididos em classes com uma grelha de 2 x 2 m no formato raster, convertendo-os posteriormente em polígonos no formato vectorial. Depois, para cada encosta procedeu-se a uma média ponderada do declive de acordo com a área ocupada pelos diferentes declives aí contidos. Também este método não é o mais adequado, mas devido às dificuldades encontradas foi a melhor forma de contornar os obstáculos que surgiram.

Por fim foram aplicadas as sequências de equações apresentadas anteriormente por Wischmeier e Smith (1978) (Eq.2.6 a Eq.2.8) e ainda López (1994) (Eq.2.9 e Eq.2.10) de forma a determinar o valor do LS a cada encosta.

No que toca ao parâmetro C foram analisados parâmetros estimados por Tomás (1993) e Pimenta (1999) numa tentativa de melhor se enquadrar a área de estudo às características do solo e da vegetação portuguesa, utilizando o factor do INAG que corresponde a áreas ardidas de forma a descrever a situação mais desfavorável (Tabela 4-7).

Tabela 4-7 – Estimativas do Factor C para os casos mais comuns na área de estudo.

Cobertura Vegetal	Factor C	Fonte
Inculto	0,02	Tomás, 1993
Mato	0,02	
Povoamento florestal misto	0,05	
Espaços florestais degradados	0,1	Pimenta, 1999
Eucalipto	0,2	
Territórios agro-florestais	0,3	
Zonas Incendiadas Recentemente	0,5	

Finamente quanto ao factor P, foram adoptados os valores da FAO (Tabela 4-8), de acordo com classificação feita (Tabela 4-4), para culturas em faixas, culturas em terraços e caso não exista intervenção o valor de 1.

Tabela 4-8 – Valores do factor P (FAO, 1967) (Adaptado de Gómez (2002))

Inclinação da superfície [%]	Práticas de conservação do solo		
	Culturas em curvas de nível	Culturas em faixas	Culturas em terraços
1 - 2	0,60	0,30	0,12
3 - 8	0,50	0,25	0,10
9 - 12	0,60	0,30	0,12
13 – 16	0,70	0,35	0,14
17 - 20	0,80	0,40	0,16
21 - 25	0,90	0,45	0,18

4.5.2.2. Dados de Saída

O modelo USLE apenas possui uma saída de dados correspondente às perdas de solo anuais. Mas, de acordo com as várias alternativas dos parâmetros de entrada foi estudado o comportamento do modelo com as diversas alterações e procedeu-se à escolha do mais representativo.

4.5.3. Dados de modelação com a MMF

4.5.3.1. Parâmetros de Entrada

Comparativamente ao modelo USLE, este tem em muitos mais dados de entrada, o que implica que por falta desses mesmos exista a necessidade de utilizar dados por outras fontes como se pode observar na figura que se segue (Figura 4.13).

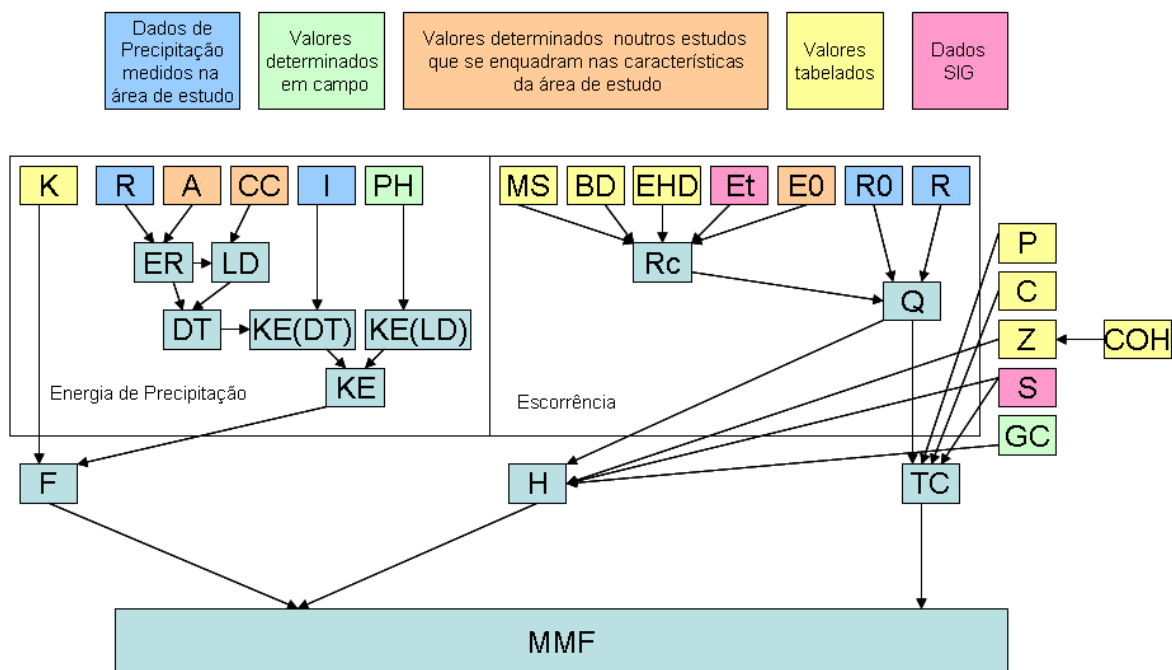


Figura 4.13 – Parâmetros de Entrada e origem dos dados do modelo MMF.

A metodologia aplicada para os Dados de Precipitação medidos na área de estudo já foi explicada, pelo que não necessita de ser abordada novamente.

Quanto aos valores determinados no campo, analisou-se alturas das árvores (PH) determinadas em cada encosta que foi sujeita a inventário. Estes dados foram agrupados pela classificação anteriormente realizada (Tabela 4-4), em que todas as encostas classificadas como A2, A3, A4, A6, A7 e A8, possuem como PH a média da respectiva classe.

Como nem todas as classes foram sujeitas a inventário, por serem uma fracção inferior de toda a área de estudo (A1 e A5), os valores de PH adoptados correspondem às médias das árvores de classificação mais abrangente, isto é, a classificação Com Intervenção ou Sem Intervenção. Restando ainda a classe de verificação, onde foi

adoptado um procedimento análogo ao anterior aplicando os valores consoante o verificado no trabalho de campo relativamente à classificação mais abrangente.

Outro factor como a Fracção de Cobertura Vegetal (GC) foi determinado analogamente a todo o processo de determinação do factor PH.

Relativamente aos valores determinados noutros estudos que se enquadram nas características da área de estudo, que dizem respeito à fracção de Intercepção (A), à densidade das copas das árvores (CC) e ainda à Evapotranspiração total e potencial. A justificação para qual estes não forma determinados na área de estudo deveu-se à complexidade que envolve a determinação destes mesmos, como tal, a aplicação desses dados neste modelo teve de ser o mais cuidada possível.

Desta forma, foi utilizado para a fracção de Intercepção o valor de Ferreira (1996) devido ao facto de que a área para qual este factor foi determinado apresentar características mais aproximadas a este estudo entre as várias fontes consultadas (Tabela 4-9).

Tabela 4-9 – Valores de Intercepção determinados em vários estudos e valores típicos de referência utilizados no modelo.

Espécie	Localização	A	Referência
Eucalyptus globulus Labill	Centro de Portugal	0,09	Conninck <i>et al</i> , 2003 *
		0,07	Ferreira <i>et al</i> , 1992 *
Eucalyptus globulus regenerado 5 anos	Serra de Cima	0,102	Ferreira (1996)
Solo descoberto	-	0	Morgan <i>et al</i> , 1982 **

(*) Fonte: Fernandes *et al*, 2008; (**) Fonte: Morgan, 2005;

Quanto ao valor de densidade das copas das árvores mais aproximado às características da área de estudo encontrado é de 0,681 determinado por Ferreira (1996) num eucaliptal regenerado devido a um incêndio que ocorreu cinco anos antes.

Os parâmetros de Evapotranspiração potencial foram recolhidos segundo os dados do Instituto de Meteorologia de Portugal para o ano agrícola de 2005/2006 (Santo, 2006), enquanto que a Evapotranspiração total foi adoptada do mapa com este tema do Atlas do Ambiente Digital.

No que toca aos valores tabelados segundo o modelo de Morgan (2001) surgem valores empíricos como o factor C e o P, que também se aplicam ao USLE (já mencionados), e também factores determinados indirectamente segundo uma calibração

feita, como é o caso da Profundidade Efectiva do Solo (EHD), da Erodibilidade do solo (K), da Capacidade de Campo de Conteúdo Hídrico (BD) e ainda a Coesão do Solo (COH), que foram obtidos segundo a classe de textura determinada.

Sendo então o valor de solo descoberto segundo Morgan (2001) (Tabela 4-10) o escolhido como profundidade efectiva do solo, apesar de não ser o mais adequado à área de estudo devido à recuperação vegetal entretanto desenvolvida e por não especificar neste que se trata de uma área ardida.

Tabela 4-10 – Valores de Profundidade Efectiva do Solo (Adaptado de Morgan (2001)).

Condição	EHD (m)
Bosque (Folha larga)	0,20
Bosque (coníferas)	0,20
Solo descoberto	0,09
Solo descoberto com crosta superficial	0,05

Quanto aos restantes parâmetros de solo é possível obtê-los através do guia apresentado por Morgan (2001), advertindo que sempre que possível é preferível usar dados medidos invés dos tabelados (Tabela 4-11).

Tabela 4-11 – Guia para parâmetros do solo (Adaptado de Morgan (2001)).

Classe de Textura	MS	BD	K	COH
Arenoso	0,08	1,5	1,2	2
Arenoso-franco	-	-	0,3	2
Franco-arenoso	0,28	1,2	0,7	2
Franco	0,20	1,3	0,8	3
Limoso	-	-	1,0	-
Franco-limoso	0,25	1,3	0,9	3
Franco-argilo-arenoso	-	-	0,1	3
Franco-argiloso	0,40	1,3	0,7	10
Franco-argilo-limoso	-	-	0,8	9
Argilo-arenoso	-	-	0,3	-
Argilo-limoso	0,3	-	0,5	10
Argiloso	0,45	1,1	0,05	12

Por fim, formam determinados os dados de entrada com base em cartografia com dados de 30 anos como é o caso da Evapotranspiração total (E_t) e ainda o declive da

área de estudo. Sendo o MMF muito mais preciso do que o modelo descrito anteriormente relativamente a este último parâmetro, pois foi possível evitar neste modelo uma média ponderada para cada encosta. Isto é, o MMF permite verificar variabilidade dentro da própria encosta.

4.5.3.2. Dados de Saída

Ao contrário do modelo USLE, o MMF permite não só a saída de dados correspondente às perdas de solo anuais, mas, visto que se adopta o valor mínimo de dois valores possíveis, é possível comparar a Capacidade de Desagregação de Solo anual ($F+H$) com a Capacidade de Transporte de Sedimentos anual por parte da escorrência superficial, e desta forma avaliar dois aspectos primordiais do estudo da Erosão.

5. Resultados e Discussão

5.1. Simulações de Chuva

As Simulações de Chuva que se apresentam neste estudo são apenas parte das realizadas pelo projecto EROSFIRE no local, tal deve-se ao facto de nem todas as experiências realizadas se apresentarem com os dados tratados e por uma questão de tempo optou-se por usar aqueles que se aprestavam disponíveis. Mas como se pode observar na tabela que se segue (Tabela 5-1), são estudadas simulações em 2 locais fixos Açores 1 e Açores 2 de forma a explorar a variabilidade temporal e também em parcelas móveis em vários locais que permitem uma melhor perspectiva espacial.

Tabela 5-1 – Quadro resumo das simulações de chuva estudadas.

Data de simulação	Código	Local	Parcela Fixa/Móvel	RSE
09-11-2005	A1-t1	Açores 1	Fixa	1, 2, 3 e 4
15-11-2005	A1-t2			1, 2, 3 e 4
30-03-2006	A1-t3			1, 2, 3 e 4
27-09-2005	A1-m1	Açores 1	Móvel	1, 2, 3 e 4
15-11-2005	A2-t1	Açores 2	Fixa	1, 2, 3 e 4
30-03-2006	A2-t2			1, 2, 3 e 4
04-04-2006	A2-t3			1, 2, 3 e 4
20-09-2005	A2-m1	Açores 2	Móvel	1 e 2
22-09-2005	A2-m2			1, 2, 3 e 4
30-09-2005	A3-m1	Açores 3	Móvel	1, 2, 3 e 4
18-10-2005	A4-m1	Açores 4	Móvel	1 e 2

Este conjunto de dados permite então uma visão global de todo o processo das simulações de chuva, permitindo comparar os dados de saída para com outros métodos de determinação de taxas de escorrência e erosão facultados pelas parcelas abertas e pelos modelos utilizados.

Verificando a escala temporal que retrata a ocasião em que as simulações de chuva foram realizadas, é necessário ter em conta a influência da precipitação que ocorreu no local desde o incêndio (Figura 5.1).

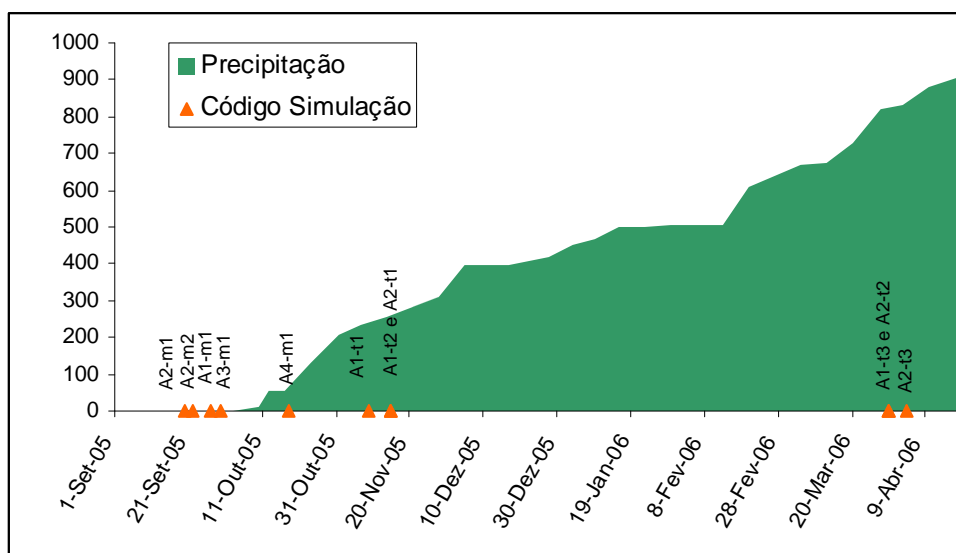


Figura 5.1 – Ocasião em que as simulações de chuva foram realizadas conjuntamente com a precipitação cumulativa verificada em Açores.

Tal como já havia sido referido por Keizer *et al*, 2008, existe uma relação inversa entre a repelência e a humidade do solo. Também segundo Leighton-Boyce *et al*, 2007, é verificado que o solo quando apresenta condições de repelência possui uma resposta superior na formação de escorrência contrapondo com condições não repelentes.

Deste modo, este factor deve-se ter em conta quando estamos a comparar dados de simulações que foram realizados em dias diferentes, especialmente pelo efeito que eventos chuvosos têm na humidade do solo. Como tal, para os vários locais foram escolhidas as parcelas móveis e a primeira simulação das parcelas fixas com o intuito de minimizar esta variabilidade numa comparação das taxas de escorrência nas diferentes encostas.

É de notar que ainda assim algumas das simulações de chuva estão sobre influência da precipitação que ocorreu, nomeadamente a móvel A4-m1 e as fixas A1-t1 e A2-t1.

Apresentam-se então os dados referentes à escorrência determinada nas simulações de chuva para alta e baixa intensidade nas várias parcelas (Figura 5.2 e Figura 5.3).

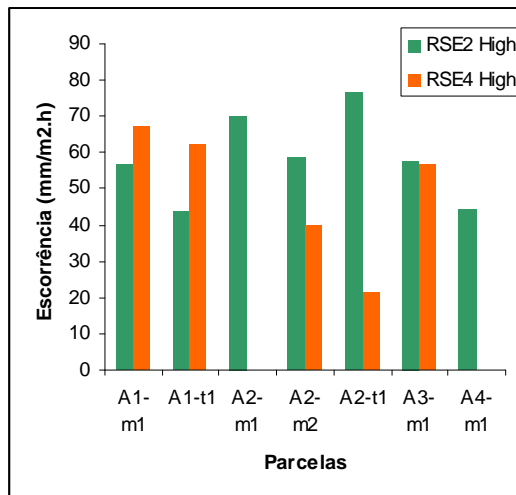


Figura 5.2 – Escorrência determinada nas várias parcelas em simulações de alta intensidade

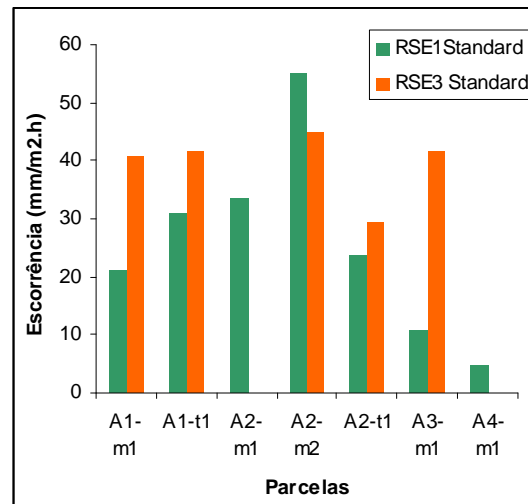


Figura 5.3 – Escorrência determinada nas várias parcelas em simulações de intensidade standard

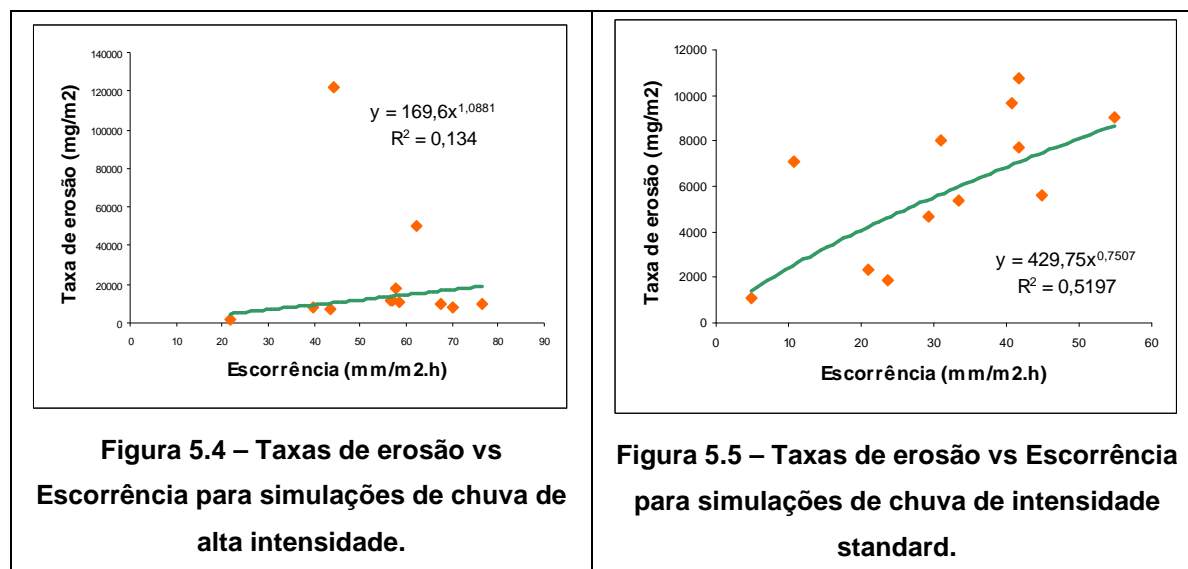
É notório que existem diferenças derivadas das intensidades da chuva simulada, não só em termos de quantidade de escorrência formada nas mesmas parcelas mas também nas várias parcelas onde a experiência foi realizada.

Sendo assim, para as simulações de alta intensidade destaca-se a parcela fixa em Açores 2, não só pelo facto de apresentar o valor mais elevado e o mais baixo de escorrência registada, mas também porque o solo poderá ter sofrido alguma influência devida à precipitação natural ocorrida. Nesta mesma encosta mas na parcela móvel (A2-m2) nas simulações de intensidade standard, são atingidos os valores mais elevados em ambas as parcelas. O que poderá ser suficiente para afirmar que este local apresenta um maior risco de erosão.

De seguida observa-se em Açores 1 tanto na parcela fixa como na móvel resultados semelhantes, em ambas as intensidades de precipitação. Em comparação com a encosta descrita anteriormente, o risco desta deverá ser inferior e semelhante com a encosta em Açores 3.

Em Açores 4 os resultados apontam como a encosta que apresenta menos risco de erosão pela escorrência formada em ambas as intensidades de precipitação simulada.

Mas sendo a formação de escorrência um indicador do risco de erosão nas várias encostas analisou-se também as taxas de erosão originadas da precipitação simulada (Figura 5.4 e Figura 5.5).



Em ambos os casos a equação que permite uma maior correlação entre as taxas de erosão e a escorrência formada é em função de potência, que apresenta significativas diferenças nas duas intensidades de precipitação estudadas. A correlação verificada entre os resultados das simulações de alta intensidade com as respectivas taxas de erosão é consideravelmente baixa (0,13) enquanto que em intensidades standard os resultados apresentam uma correlação muito superior (0,52) mas ainda assim abaixo do esperado.

Nesta abordagem há que considerar que estamos a tratar de parcelas que apresentam características distintas como o declive, a quantidade de solo, o micro-relevo, a repelência, a porosidade, entre outros, apresentando consequentemente respostas hidrológicas distintas.

Com o intuito de avaliar esta metodologia na determinação do risco de erosão em vários locais, pode-se afirmar que esta se destaca na obtenção de resultados de escorrência e taxas de erosão de uma forma fácil e imediata, mas também, apresenta uma variabilidade incontornável devido ao difícil controlo de todas as condicionantes inerentes ao processo de erosão.

Esta variabilidade de resultados pode ser observada numa escala temporal, quando se analisam as simulações realizadas nas parcelas fixas, onde a influência da precipitação no local é notável (Figura 5.7).

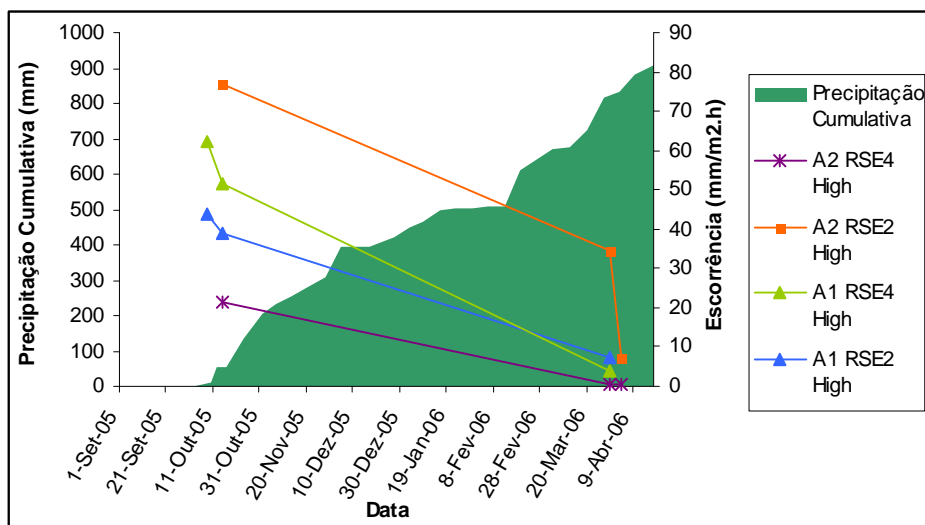


Figura 5.6 – Escorrência determinada em parcelas fixas originadas de simulações de alta intensidade.

Segundo a figura acima apresentada, verifica-se que as taxas de escorrência para as simulações de alta intensidade em Açores 1 e 2 vão decrescendo à medida que se afastam do momento em que ocorreu o incêndio e à medida que o solo se apresenta menos hidrofóbico pela consequência da precipitação no local.

Para as intensidades standard a tendência é semelhante, mas apresenta decréscimos mais acentuados (Figura 5.7).

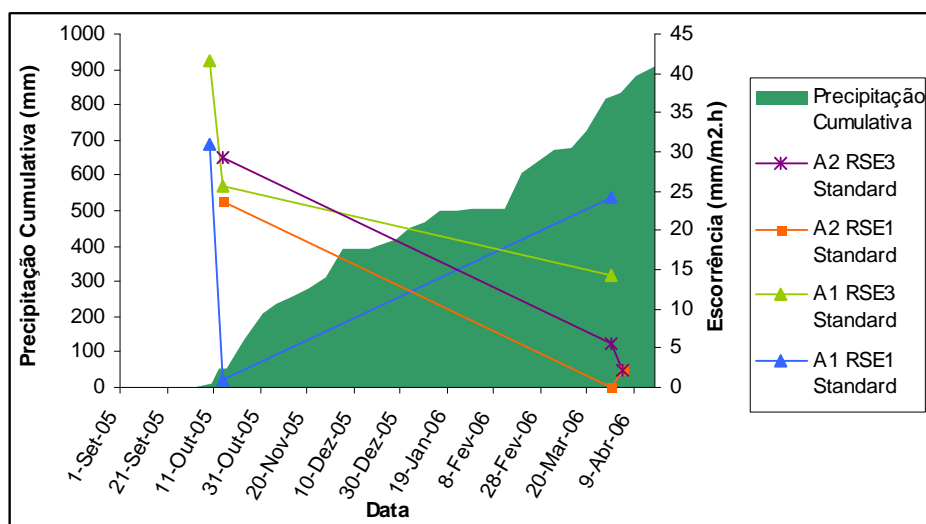


Figura 5.7 – Escorrência determinada em parcelas fixas originadas de simulações de intensidade standard.

Neste caso pode-se verificar uma redução drástica na formação de escorrência devido a um intervalo relativamente curto (6 dias) entre as 2 primeiras simulações em Açores 1 como consequência de uma redução da hidrofobia no solo.

Como crítica aos resultados de simulações pontuais anteriormente analisados, foi verificado que uma só simulação não é o suficiente para a caracterização do risco de erosão num dado local, visto que a taxa de escorrência apresenta variações espaciais e temporais.

Desta forma, com vista a providenciar uma estimativa mais realista de acordo com as alterações subjacentes à reacção hidrológica por parte das diferentes encostas, tomou-se como resultado anual mais viável a soma das taxas de escorrência e de erosão nas 3 simulações realizadas nas parcelas fixas após a conversão com base na precipitação ocorrida no ano de estudo (Tabela 5-2).

Tabela 5-2 – Taxas de escorrência e erosão (máximas) anuais com base nas 3 simulações de chuvas realizadas nas parcelas fixas.

Locais	Escorrência totais (máxima) simulações de chuva (mm/ano)		Taxas de Erosão totais (máxima) simulações de chuva (t/ha.ano)	
	Alta	Standard	Alta	Standard
Açores 1	562	690	3,27	0,93
Açores 2	564	315	0,61	0,50

Pode não se apresentar como a abordagem mais próxima da realidade, mas de forma a tentar eliminar a variação temporal inerente a este método foi possível verificar que ocorreu uma inversão do risco de erosão associado a cada uma das encostas. Apresentando-se então a encosta de Açores 1 como a que apresenta um maior risco de erosão de acordo com a escorrência e as perdas de solo verificadas.

É de referir que no ano hidrológico em questão nunca se verificou uma intensidade de precipitação de 45 mm/h muito menos a intensidade mais elevada desta experiência, sendo o valor mais próximo atingido de 37,20 mm/h num intervalo de 30 minutos uma única vez.

5.2. Parcelas Abertas

Através dos dados de escorrência, taxas de erosão e de precipitação na área de estudo foi possível atribuir uma dada resposta hidrológica em função de uma precipitação ocorrida. Mas de forma a obter uma perspectiva de todo o ano de estudo, optou-se por demonstrar esses mesmos resultados em forma de totais mensais, pois a monitorização foi realizada no campo resultou em 43 medições em cada das parcelas existentes.

Depois de uma análise dos resultados, foi verificado que escorrência formada devido à precipitação que não foi infiltrada ou retida na encosta pela vegetação, por depressões no solo, entre outros, nem sempre coincide com os maiores eventos chuvosos quando vista de uma perspectiva mensal. Tal facto deve-se provavelmente à variabilidade da intensidade da chuva, isto porque ainda que alguns eventos chuvosos originem volumes significativos de água não significa que a formação de escorrência será superior, também aspectos como a humidade do solo e da repelência deverão ser tidos em conta.

Analisando então a resposta hidrológica com as intensidades máximas verificadas num intervalo de 30 minutos de precipitação pode-se verificar que de uma forma geral estão bem relacionadas (Correlação entre 0,61 e 0,75), apesar das diferentes parcelas na mesma encosta reagirem de forma diferente à mesma precipitação (Figura 5.8).

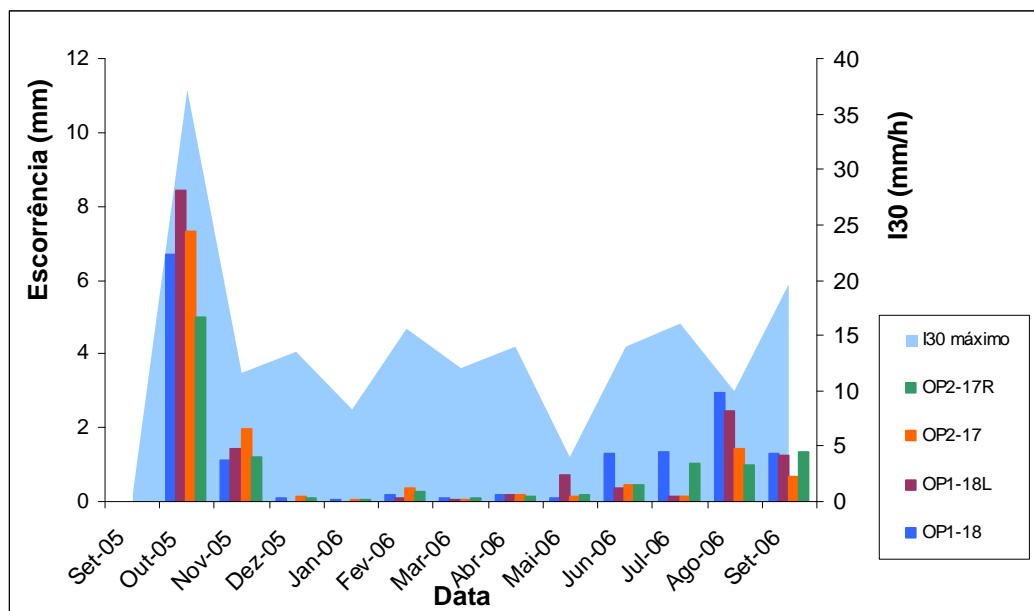


Figura 5.8 – Valores de escorrência mensal obtidos pelas quatro parcelas abertas instaladas em Açores ms1 e correspondentes Intensidade de precipitação máxima detectadas.

Quando comparado Açores-ms1 com Açores-ms2 foi possível verificar que a escorrência não possuía uma tendência comum. Isto é, observando os máximos de escorrência detectado em Açores 1 verificou-se que em Outubro todas as parcelas apresentaram os seus máximos absolutos (OP1-18=6,67 mm; OP1-18L=8,43 mm; OP2-17=7,30 mm; OP2-17R=5,01 mm), apresentando depois também um outro máximo relativo em Agosto, mas com menos de metade de escorrência relativamente ao anterior (Figura 5.8).

Em Açores 2 (Original) o máximo absoluto registado apresenta-se para duas parcelas em Setembro de 2006 (OP11-19= 6,36 mm; OP11-L19= 6,12 mm), muito aproximado ao máximo relativo de Outubro nas mesmas parcelas (OP11-19= 6,27 mm; OP11-L19= 5,54 mm) (Figura 5.9).

É relevante o facto de estes máximos de escorrência ocorrerem após períodos secos (após incêndio e final do verão) em ambos os casos, apresentando nestas ocasiões uma maior repelência (Keizer *et al*, 2008) e consequentemente uma maior capacidade de produzir escorrência.

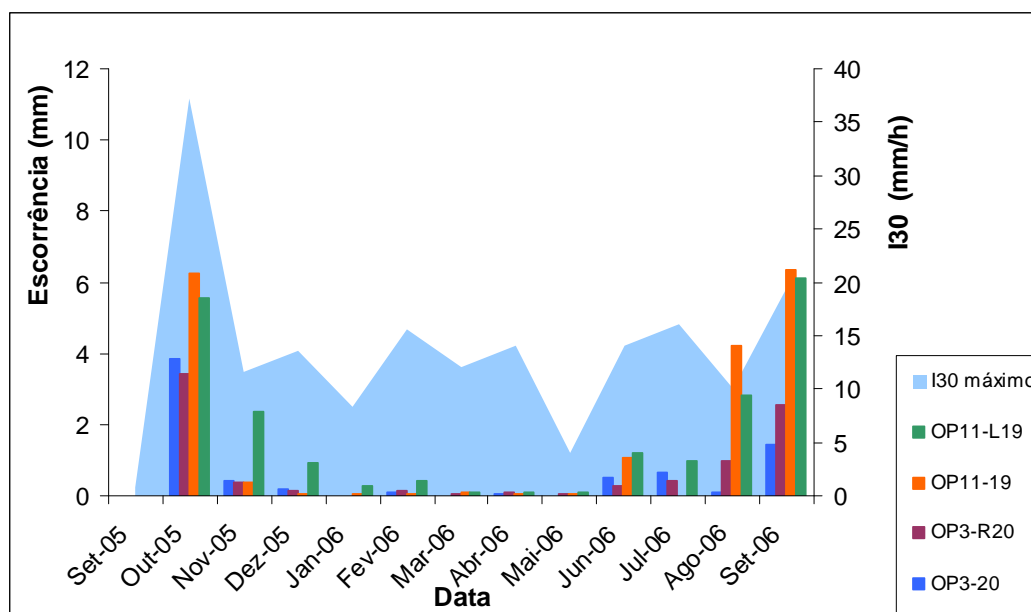


Figura 5.9 – Valores de escorrência mensal obtidos pelas quatro parcelas abertas instaladas em Açores-ms2 e correspondentes Intensidade de precipitação máxima detectadas.

Quanto à relação entre a formação de escorrência e a intensidade de precipitação máxima detectada num período de 30 minutos, verificou-se que em Açores-ms2 duas das parcelas apresentava uma correlação inferior a Açores-ms1 (OP11 entre 0,44 e 0,51)

enquanto que em OP3 os factores encontravam-se mais relacionados (0,67 e 0,81), demonstrando mais uma vez a variabilidade verificada na mesma encosta.

Quando se analisa este factor em termos de totais anuais, apesar de uma ligeira variabilidade observada nas várias parcelas as duas encostas apresentam escorrências muito semelhantes (Tabela 5-3).

Tabela 5-3 – Escorrência total obtida em Açores 1 e 2 relativamente às parcelas abertas e máximos verificados na soma da escorrência formada pelas 3 simulações de chuva realizadas.

Locais	Parcelas abertas	Escorrência parcelas abertas (mm/ano)		Escorrência totais (máxima) simulações de chuva (mm/ano)	
			Media	Alta	Standard
Açores-ms1	OP1-18	15	14	562	690
	OP1-18L	15			
	OP2-17	13			
	OP2-17R	11			
Açores-ms2	OP3-20	7	13	564	315
	OP3-R20	8			
	OP11-19	19			
	OP11-L19	21			

De acordo com a tabela acima apresentada pode-se verificar que além das parcelas abertas também nas simulações de chuva em alta intensidade se verifica a possibilidade de as duas encostas possuírem uma resposta hidrológica aproximada.

No entanto, estes resultados de simulações dizem respeito à aproximação anual realizada nas várias parcelas de simulação, em que se observou na situação mais desfavorável (máximos verificados) uma maior proximidade de resultados nas duas encostas em intensidade elevada cujas condições são muito difíceis de se aproximar à realidade.

Agora em simulações de chuva standard, que ainda que seja correspondido ao máximo para um período de retorno de 100 anos, se aproxima mais da realidade,

verifica-se que Açores-ms1 apresenta uma escorrência superior e logo segundo estes um maior risco de erosão.

No que toca à relação entre taxas de erosão com a formação de escorrência nas parcelas abertas, verificou-se que nas duas encostas não se verificou uma correlação elevada, principalmente em Açores-ms2 (Figura 5.11) cujo valor se apresenta muito inferior a Açores-ms1 (Figura 5.10).

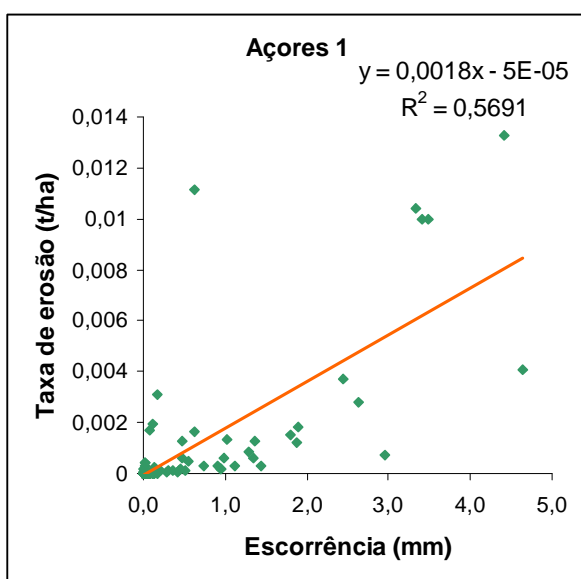


Figura 5.10 – Taxa de Erosão vs Escorrência nas parcelas abertas em Açores-ms1.

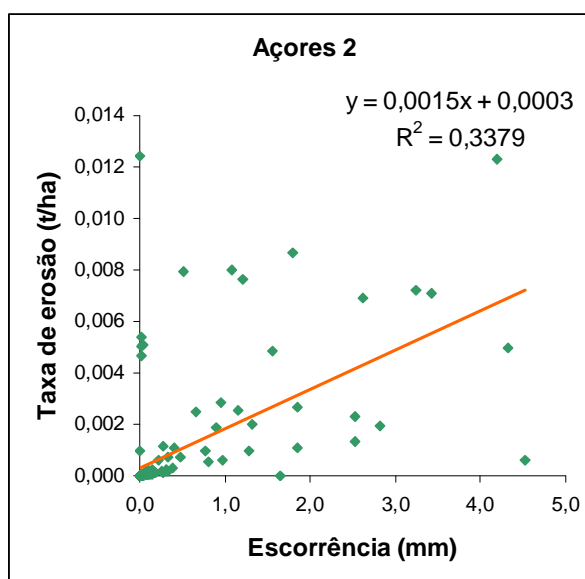


Figura 5.11 – Taxa de Erosão vs Escorrência nas parcelas abertas em Açores-ms2.

Mas quando os dados são tratados em torno das diferentes parcelas e das suas características obtém-se correlações muito superiores em Açores-ms1 (entre 0,75 e 0,94), e depois em Açores-ms2 as parcelas OP11 apresentam novamente uma baixa relação (entre 0,02 e 0,07) enquanto que o par OP3 apresenta uma relação mais substancial (entre 0,56 e 0,69), acentuando uma vez mais o facto de que existe evidentemente uma variabilidade não só entre encostas mas também nas diversas parcelas que nelas estão instaladas.

Por fim, na tabela que se segue (Tabela 5-4) apresenta-se a taxa de erosão para as duas encostas e para cada parcela referentes aos dados recolhidos para o ano de estudo. Verifica-se que em termos de totais anuais à escala de encosta, Açores-ms2 apresenta taxas de erosão superiores ao contrário da micro-escala estudada nas simulações de chuva.

Tabela 5-4 – Taxas de erosão totais obtidas em Açores 1 e 2 relativamente às parcelas abertas e (máximos verificados) da estimativa das taxas de erosão formada pelas 3 simulações de chuva realizadas.

Locais	Código parcelas	Taxas de Erosão (t/ha.ano)				Taxas de Erosão totais (máxima) simulações de chuva (t/ha.ano)	
		Parcelas	Media encosta			Alta	Standard
Açores-ms1	OP1-18	0,01					
	OP1-18L	0,05					
	OP2-17	0,02	0,02			3,27	0,93
	OP2-17R	0,01					
Açores-ms2	OP3-20	0,04					
	OP3-R20	0,02					
	OP11-19	0,04	0,04			0,61	0,50
	OP11-L19	0,04					

Ao analisar estes resultados pode-se afirmar que a comparabilidade de dados de erosão e escorrência entre parcelas aberta e simulações de chuva numa perspectiva anual é deveras difícil com um conjunto de dados tão restritos como este. Espera-se que com um aumento de repetições no mesmo ano das simulações possibilite uma aproximação dos dados aos recolhidos por parcelas abertas.

Também é de referir que as características do solo em Açores, resulta em taxas de erosão extremamente baixas relativamente ao esperado visto que foi sujeito a um incêndio florestal, não apresenta quase nenhuma práticas de conservação do solo e ainda apresenta como principal uso do solo os eucaliptais, que como já foi referido não é a cultura mais benéfica no controlo da erosão.

Também é de referir que determinações de taxas de erosão como o caso das parcelas abertas com valores consideravelmente baixos não permitem uma diferenciação de dois locais devido ao erro inerente à sua determinação. Isto significa que, o erro incutido na determinação dessas taxas de baixo valor é muito elevado, aliás impraticável segundo Nearing *et al*, 1999, que também afirma que pode não existir muito interesse em diferenciar características dos locais quando as taxas de erosão não se apresentam com um valor relevante.

5.3. Validação de Campo

Através da validação de campo foi possível caracterizar mais especificamente uma amostra da área de estudo não só em termos de fenómenos erosivos mas também relativamente a outros factores (dos quais depende) tais como, tipo de vegetação e coberto vegetal, características do solo, técnicas agrícolas aplicadas e ainda avaliação da recuperação vegetal desde o incêndio.

Tal como já foi referido anteriormente, a classificação inicial das áreas feita não corresponde à realidade, como tal, da primeira fase do inventário para a segunda fase foi feita uma actualização surgindo então algumas alterações em cada classe (Tabela 5-5).

Tabela 5-5 – Área afectada a cada classe segundo a classificação preliminar, segundo a reclassificação e diferença devida à validação feita.

Classe	Área segundo a Classificação Inicial (%)	Área segundo a Reclassificação(%)	Diferença (%)
A1	0,14	8,49	+8,36
A2	3,99	2,12	-1,86
A3	0,51	0,51	0,00
A4	10,86	10,54	-0,32
A5	0,99	3,34	+2,35
A6	13,26	14,95	+1,69
A7	12,30	9,95	-2,35
A8	51,16	49,51	-1,66
A9	0,59	0,59	0,00
A10	6,20	0,00	-6,20
Total	100	100	12,4

Como se pode verificar na tabela acima apresentada, devido à verificação no campo 12,40 % da área teve que ser reclassificada, demonstrando mais uma vez que a observação de imagens aéreas acarreta alguns erros. De tal forma que, segundo esta reclassificação a apresentação posterior de resultados associados a estas classes terá em conta as alterações realizadas.

Deve-se realçar que as classes A3, A4 e A9 que consistem em áreas com terraços foram as que suscitaram menos erros de classificação, pois a sua detecção nas imagens aéreas é mais fácil.

Também, devido a que todas as áreas visitadas cuja intervenção não seria perceptível (A2), foram reclassificadas como A1, e visto a amostra dessa classe é bastante representativa (41,7%), aliado ao facto de que a outra classificação possível ser

de áreas com terraços, podemos perfeitamente acreditar que toda a classe A2 corresponde na realidade a uma classe A1.

Das classes que foram sujeitas a verificação, que correspondem a 14 encostas, apenas 2 delas pertencem à classe A1 sendo as restantes da classe A8, que mesmo após a reclassificação é a classe mais representativa da área de estudo.

5.3.1. Coberto do solo

De forma a caracterizar o coberto do solo, distinguir as características das várias classes neste âmbito e determinar os valores que correspondem à fracção de densidade de coberto vegetal (GC) como dados de entrada no modelo MMF, os resultados da descrição das várias encostas apresenta-se na seguinte tabela (Tabela 5-6).

Tabela 5-6 – Médias de coberto do solo segundo vários elementos, para as classes A1, A6, A7 e A8.

Elementos	A1	A6	A7	A8
Rocha mãe (%)	0,13	0	0,8	0,20
Pedras (%)	57,13	29,2	65,3	46,27
Solo nu (%)	5,93	0	0	0,00
Cinzas (%)	21,33	22,6	39,3	13,40
Manta Morta (%)	42,27	87	60,4	45,93
Vegetação (%)	21,87	33,2	23,2	35,13

Segundo a análise da tabela acima apresentada, podemos verificar que mesmo 3 anos após o incêndio no local, a recuperação vegetal não se apresenta significativa, encontra-se entre os 22 e os 35 % aproximadamente. E como tal, a presença mais elevada de pedras à superfície em locais que apresentam menos vegetação é uma relação que já havia sido referida por Malvar (2007).

Quanto aos locais que são formado por terraços, segundo a validação de campo foi possível verificar que devido às intervenções das máquinas na elaboração dos terraços, em todos eles se apresentava rocha mãe à vista na lateral, bastantes pedras, solo nu, manta morta apenas nos caminhos preferenciais nas base do terraço, e quanto à vegetação, além dos eucaliptos introduzidos na área, apresentava-se também carqueja, urzes e tojo.

5.3.2. Fenómenos Erosivos

De forma a classificar todas as áreas quanto ao risco de erosão, de acordo com o inventário de fenómenos erosivos realizado, numa primeira fase as áreas foram classificadas com base nos fenómenos de escala superior (Tabela 5-7), e posteriormente distinguidos com base nos fenómenos da micro escala.

Tabela 5-7 – Resultados do inventário de fenómenos erosivos de escala superior e respectiva classificação quanto ao risco de erosão.

Transectos	Reclassificação	Declive encosta (°)	Exposição de raízes (presença)	Rills (presença)	Área transversal rill (máximo verificado cm2)	Classes de risco de erosão
A7-tr006	A5	40		x	1495	Elevado
A2-tr001	A1	17		x	1275	
A4-tr002	A4	40		x	507	Médio Alto
A8-tr011	A6	40		x	424	
A8-tr018	A6	23		x	375	
A8-tr006	A8	35	x	x	162,5	
A8-tr004	A8	40	x	x	125	
A6-tr008	A6	28	x	x	34	
A4-tr003	A3	35	x	x		Médio
A3-tr002	A4	35		x		
A4-tr005	A4	50		x		
A4-tr006	A4	50		x		
A8-tr003	A8	40		x		
A8-tr008	A6	43		x		
A1-ms1	A8	21	x			Médio
A7-tr002	A7	35	x			Baixo
A2-ms2	A6	15				Baixo
A2-tr005	A1	20				
A6-tr003	A6	5				
A6-tr004	A1	25				
A6-tr007	A6	34				
A7-tr005	A7	48				
A7-tr008	A5	30				
A8-tr005	A8	37				
A8-tr009	A8	70				

A base da classificação de risco de erosão apresentada anteriormente tem como factor mais importante a presença de Rills e o seu tamanho, depois a presença raízes de árvores expostas e por fim a inexistência de fenómenos erosivos de escala superior.

Nos resultados pode-se verificar que as áreas detentoras da classificação do maior risco de erosão são ambas áreas intervencionadas, o que revela a importância de uma adequada gestão destas áreas em que as intervenções ao nível do solo devem ser realizadas de uma forma ponderada de forma a não agravar o risco de erosão.

É de salientar que todas as classes que são compostas por terraços se apresentam entre a classificação médio e médio alto segundo a validação de campo. Facto que já havia sido verificado por Silva (2007) afirmando que as alterações das características do solo durante a instalação com grandes mobilizações, traduzem-se por uma redução drástica do teor de matéria orgânica do solo e por um aumento da erodibilidade, nos primeiros anos.

Nas restantes classes é verificado que o risco de erosão não se apresenta com um padrão definido em fenómenos de erosão de escala superior.

No que toca ao inventário de fenómenos erosivos de micro-escala foi tido em conta a verificação de vários fenómenos presentes em todas as classes de forma a se poder comparar entre as classes de risco descritas anteriormente.

Como existiram 2 métodos para a realização do inventário à pequena escala apresenta-se então a comparação do risco de erosão com base na presença de fenómenos erosivos, para áreas onde existem terraços (A3 e A4) (Figura 5.12 e Figura 5.13).

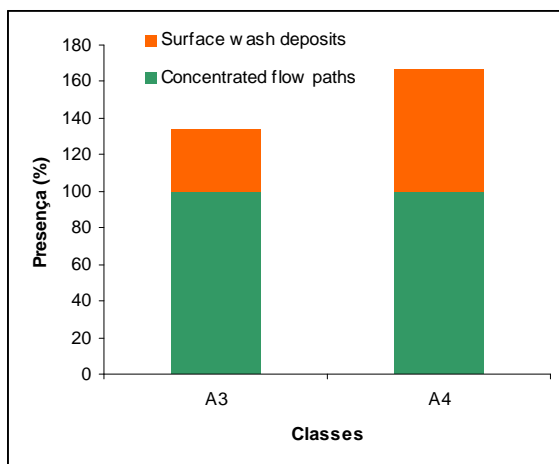


Figura 5.12 – Comparação das classes constituídas por terraços (A3 e A4) relativamente à presença de fenómenos erosivos (máximos verificados) de pequena escala.

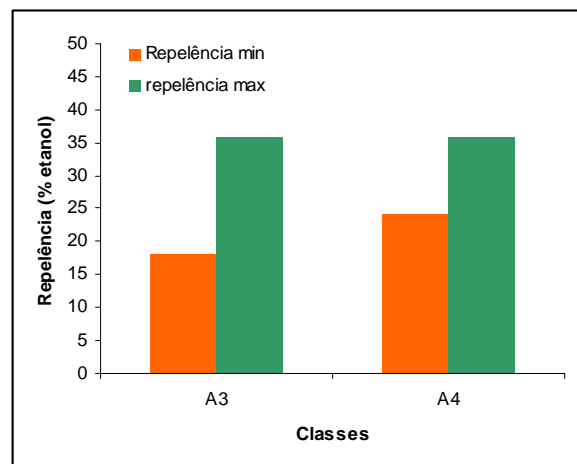


Figura 5.13 – Comparação das classes constituídas por terraços (A3 e A4) relativamente à repelência máxima determinada nos locais.

Com base nos resultados obtidos podemos então verificar que devido a uma presença de fenómenos erosivos mais elevada em A4 esta adopta uma classificação de risco de erosão superior relativamente à A3. Concordante com estes factos encontram-se também as medições de repelência nesses locais, indicando desta forma que a área A4 está susceptível a uma formação de escorrência superior.

Como foi verificado anteriormente, a hidrofobia do solo e a consequente formação de escorrência possui uma variabilidade ao longo do ano, mas visto que foi determinada num curto espaço de tempo e no momento em que atinge o seu máximo (Agosto/Setembro) podemos aferir que estes resultados são perfeitamente comparáveis.

Relativamente às restantes áreas (Sem intervenção e Lavrado) pode-se comparar a presença dos fenómenos erosivos nos vários locais (Figura 5.14).

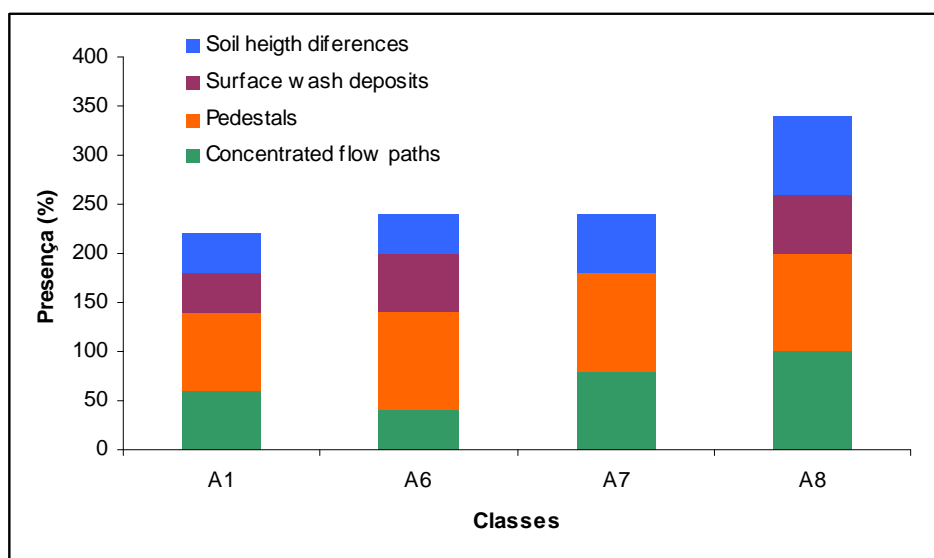


Figura 5.14 – Comparação das classes sem intervenção e lavradas, relativamente à presença de fenómenos erosivos (máximos verificados) de pequena escala.

De acordo com a figura anteriormente apresentada pode-se verificar que as áreas A8 são as que apresentam maior risco de erosão, seguindo-se depois a A7, ainda que tenha uma presença do mesmo valor de presença de fenómenos erosivos que A6 relativamente aos máximos verificados, apresenta um mínimo muito mais elevado que o anterior. Com o menor risco encontra-se então a classe A1, com uma diferença muito pequena em relação a A6 e A7.

Segundo os dados verificados tudo leva a crer que as áreas lavradas apresentam menores fenómenos erosivos que as sem intervenção, mas é importante referir que estas mobilizações de solo foram realizadas recentemente (2007) implicando um período mais

curto na formação dos fenómenos erosivos que corresponde à sua menor visibilidade. Outro aspecto a ter em conta é que as duas áreas que apresentaram risco de erosão mais elevado correspondem áreas intervencionadas sendo a mais elevada uma área lavrada antes do incêndio e depois a outra lavrada depois da ocorrência deste.

É de referir também que no local foi medida a erodibilidade do solo com o torvane, mas este método revelou-se pouco rigoroso devido ao facto de não ser sempre a mesma pessoa a realizar as medições e também devido às características do solo. Isto porque, na análise dos resultados não existia quaisquer uniformidades quanto às características do local enquanto que foi possível atribuir alguns valores relativamente aos elementos do grupo de trabalho. Outro aspecto que motivou a falta de rigor dos dados deve-se à quantidade elevada de pedras existentes no local e a falta de solo disponível (em alguns locais) até aos 5 cm de profundidade que não permitia fazer a tal medição, por consequência dessas dificuldades determinava-se o valor a uma profundidade mais elevada não permitindo desta forma a uniformidade do método.

Como resultado final de classificação apresenta-se então o mapa de toda a área de estudo com a respectiva classificação originada da comparação entre as várias áreas sujeitas a inventário (Figura 5.15), e também em anexo a tabelas com esta classificação por ordem descendente de risco de erosão (Anexo X) e umas fichas de fenómenos erosivos. Este mapa poderá então ser utilizado na comparação entre os resultados dos modelos aplicados e o que acontece na realidade.

Como já foi dito anteriormente a base desta classificação deve-se à comparação das diferentes áreas sujeitas ao inventário nas encostas estudadas. Os locais visitados representam 31,7 % em área relativamente à total, pode não ser uma maioria mas tendo em consideração a dimensão do local pode-se considerar uma amostra significativa, até porque, inclui nesta mesma toda a variabilidade da área de estudo, mas como já foi referido anteriormente este tipo de análise tem erros inerentes originando por vezes extrapolações menos adequadas à realidade.

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

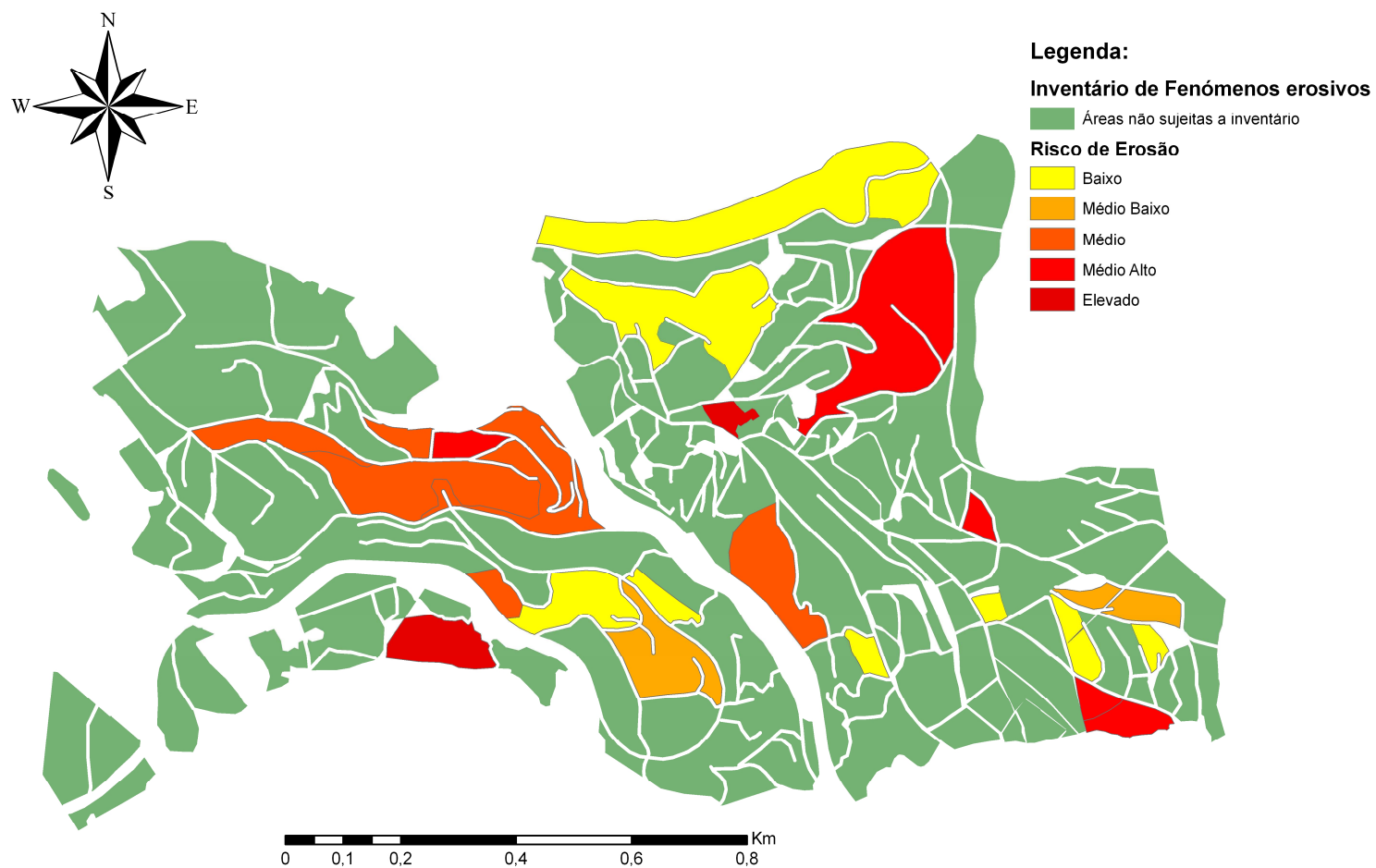


Figura 5.15 – Classificação de Fenómenos erosivos com base nos inventários realizados na área de estudo

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

5.4. Modelação de erosão

5.4.1. Precipitação e Índice de Erosividade

Para a determinação do factor R do modelo USLE e do KE (DT) do MMF, que expressa a erosividade e a energia cinética de cada evento chuvoso, foram tratados dados de precipitação recolhidos por um pluviómetro automático localizado na área de estudo. Este pluviómetro contabilizou a precipitação ocorrida no local, e posteriormente estes dados foram agrupados em bases de 5 e de 15 minutos, entre 24 de Setembro de 2005 e 23 de Dezembro de 2006.

Durante o tratamento de dados foram detectadas algumas diferenças relevantes derivadas da diferença das bases originando uma maior propagação de erros na base de 15 minutos, tanto para o tempo total de estudo (1 ano e 3 meses) como para o ano hidrológico (1 de Outubro a 30 de Setembro) tal como pode ser visível na tabela que se segue (Tabela 5-8).

Tabela 5-8 – Comparação entre os dados resultantes do pluviómetro automático de base 5 e 15 minutos.

Base Pluviómetro (min)	5		15	
	Ano Hidrológico	Tempo total	Ano Hidrológico	Tempo total
Número de Eventos	115	156	110	151
Factor R (MJ.mm/Ha.h)	2421,79	5750,10	2210,28	5222,43

Na determinação dos diferentes eventos, a base do pluviómetro influenciou bastante os erros de cálculo, isto porque, foi definido que dois eventos chuvosos são separados por mais de 6 horas consecutivas sem precipitação. Ora, mais de 6 horas correspondem a 6:05 e 6:15 horas ou mais nos diferentes pluviómetros de base 5 e 15 respectivamente, o que se reflecte num número superior de eventos na base de 5 minutos, resultando um total de 156 eventos, mais 5 que os da base de 15 minutos.

Ainda devido às diferenças de bases, também ocorre um desfasamento notável no cálculo da intensidade de precipitação e na determinação do I_{30} , que se agrava quando é calculada a energia cinética dos eventos chuvosos, e daí a todos os restantes.

Por todos os motivos citados anteriormente, foram então escolhidos como dados mais viáveis os de base de 5 minutos, pois são os que possuem um menor erro associado e como tal, serão os tidos em conta na modelação de perdas de solo para a área de estudo, incluindo todos os eventos de precipitação, não só como propôs Wischmeier e Smith (1978) os eventos superiores a 12,5 mm.

Também é necessário referenciar que todos os resultados que se apresentam posteriormente, resultam na sua maioria, de médias mensais pois a sua representação em função dos 156 eventos chuvosos não permitia a distinguir vários resultados.

Segundo os dados obtidos, na área de estudo ocorreu uma precipitação de 1961,4 mm em todo o tempo de estudo, que corresponde a 1134,2 mm por ano (Ano Hidrológico) encontrando-se incoerente com a Figura 3.9 apresentada na caracterização do local neste mesmo documento. Demonstrando que os níveis de precipitação neste espaço temporal estão muito inferiores relativamente à tendência apresentada por outros anos (1201-1400 mm/ano).

Como se pode verificar na Figura 5.16, o máximo de precipitação mensal ocorre no mês de Novembro de 2006, o que corresponde a 342,2 mm, ainda que não apresente um elevado número de eventos que o originam, enquanto que para o ano hidrológico o máximo ocorre no mês de Outubro de 2005 apresentando 194,4 mm.

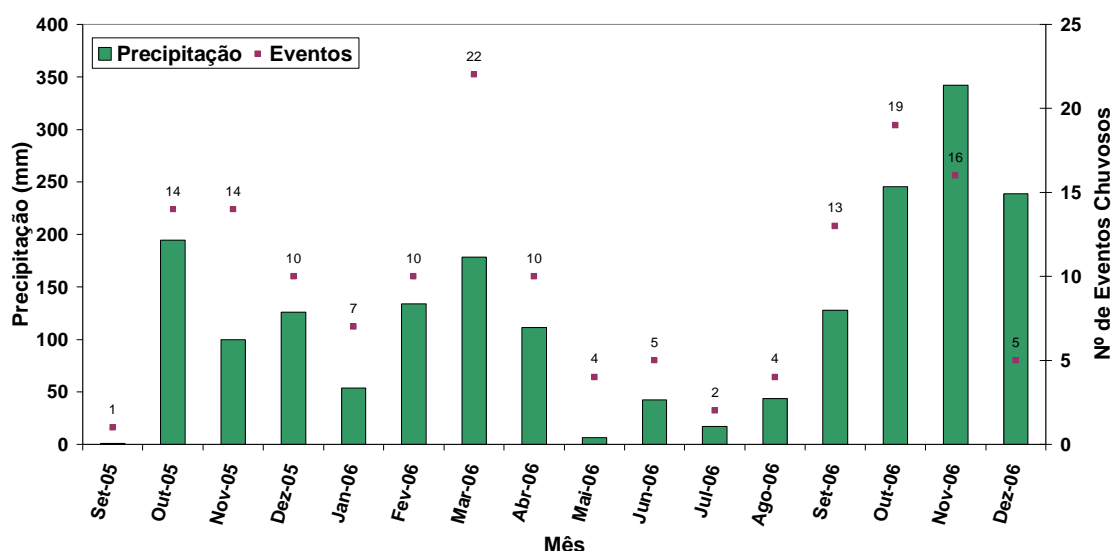


Figura 5.16 – Precipitação Mensal registada pelo pluviómetro automático na área de estudo.

Como o período de estudo corresponde aproximadamente a um ano e três meses, é possível reparar nas diferenças de precipitação que ocorreram nos anos de 2005 e 2006 para os meses de Outubro, Novembro e Dezembro, representando de alguma forma a escassez de precipitação que se observou no ano de 2005, pois os meses de maiores chuvas apresentam-se com valores relativamente baixos para a época.

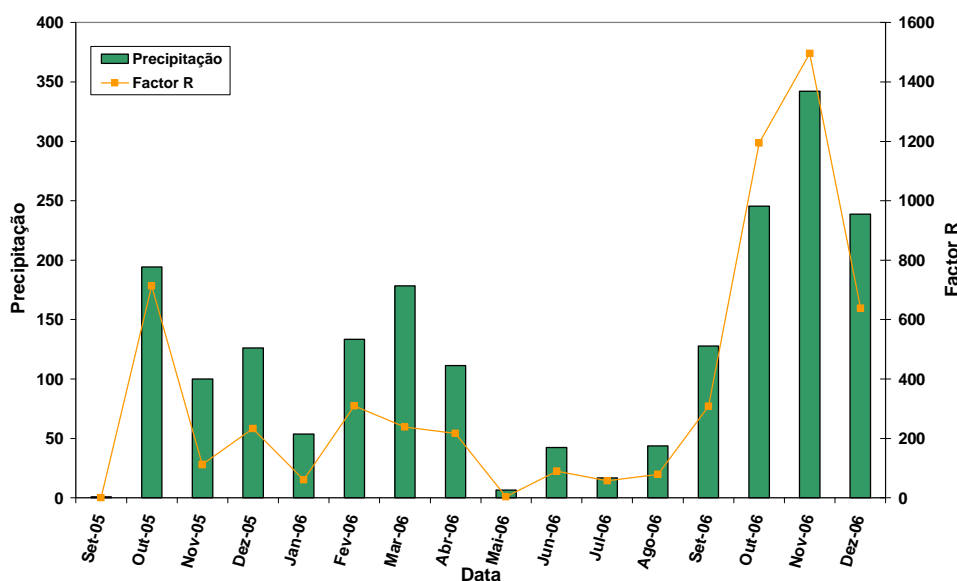


Figura 5.17 – Índice de erosividade (Factor R) e Precipitação mensal da área de estudo.

De acordo com a Figura 5.18, pode-se observar que Índice de Erosividade, apresenta um comportamento semelhante ao da Energia cinética, visto que apresenta crescimentos e decréscimos nas mesmas ocasiões de uma forma proporcional.

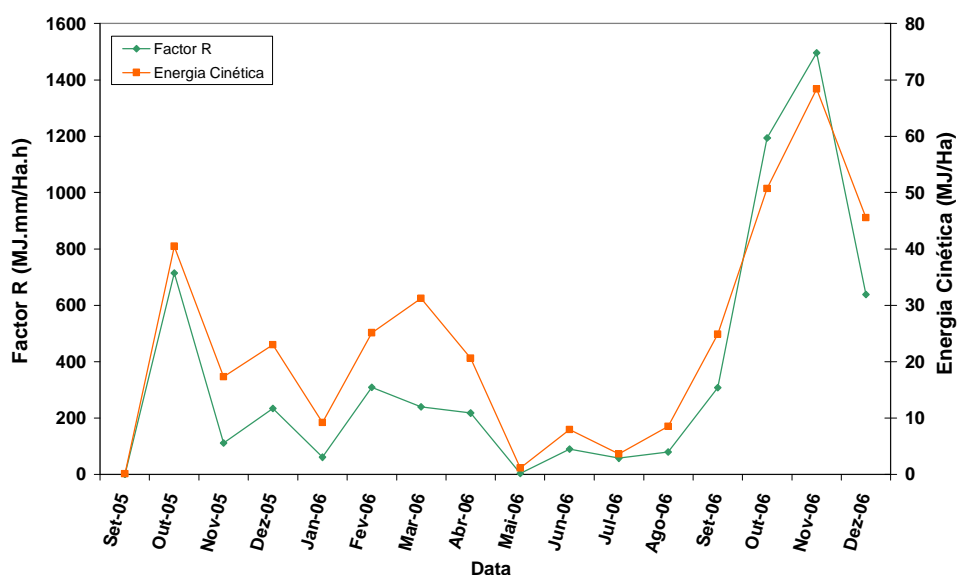


Figura 5.18 – Índice de erosividade (Factor R) e Energia Cinética mensal da área de estudo.

Mas verificando o comportamento à escala temporal de eventos chuvosos esta linearidade não se verifica sempre, pois por vezes ocorrem eventos chuvosos de elevada intensidade que pela sua pouca duração são caracterizados por menores valores de precipitação. Daí que a correlação entre estes parâmetros seja de 0,81 e não superior (Figura 5.19).

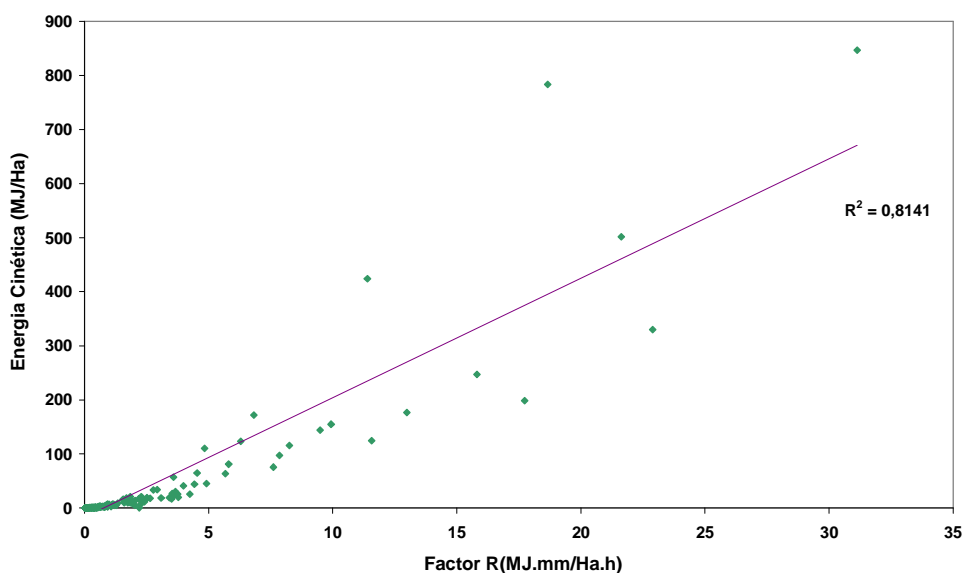


Figura 5.19 – Correlação Linear da Energia Cinética versus Índice de Erosividade.

Outro dos parâmetros que influencia o Índice de Erosividade diz respeito à intensidade máxima de precipitação num intervalo de 30 minutos em cada evento, que apresenta os maiores registos no mês de Outubro tanto em 2005 (37,2 mm/h) como em 2006 (42,0 mm/h).

Este factor apresenta um comportamento muito menos linear que a energia cinética, isto é, o I_{30} não apresenta sempre valores máximos na mesma ocasião que o Factor R, ou até que a Precipitação (Figura 5.20). Dando como primeiro exemplo o mês de Julho que apresentou um I_{30} máximo de (16 mm/h) considerável para a pouca Erosividade e Energia Cinética dos 2 eventos de chuvosos que ocorreram nesse mês, relevando que tal aconteceu devido a chuvas intensas mas de pouca duração. Outro exemplo mais notório deste desfasamento é o facto do máximo de precipitação de todo o período de estudo se apresentar no mês de Novembro de 2006 enquanto que para o I_{30} tal acontece em Outubro do mesmo ano.

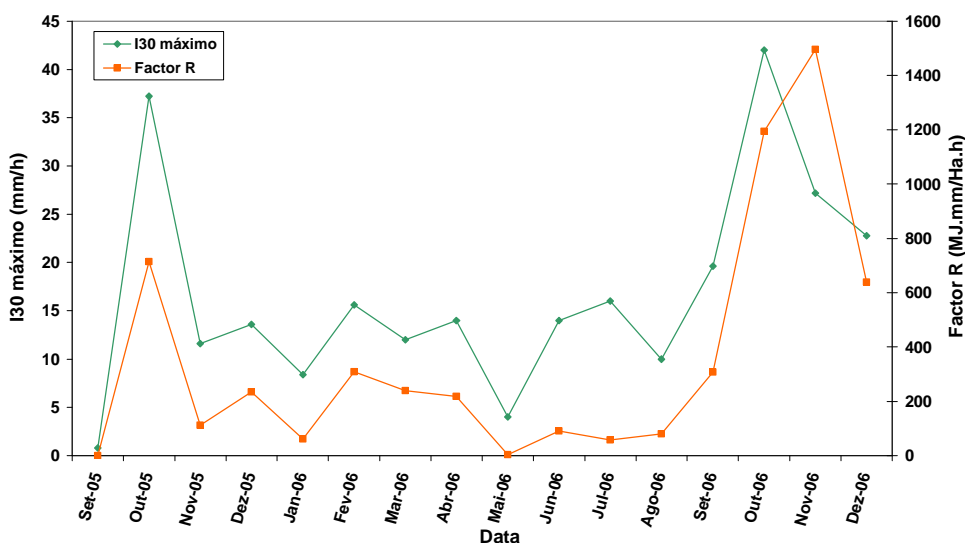


Figura 5.20 – Índice de Erosividade e I_{30} máximo mensal da área de estudo

Podemos afirmar desta forma que o comportamento entre o I_{30} e o Factor R é linear elevada (correlação de 0,82), é verificando que eventos com maior precipitação possuem uma maior probabilidade de atingir elevados I_{30} .

Outros exemplos desta disparidade de resultados pode ser observado nas figuras que se seguem (Figura 5.21 e Figura 5.22), em que se pode observar os pontos 1 e 2 destacados no mês de Março de 2006, em que um evento com 14,2 mm de precipitação

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

origina um I_{30} de 12 mm/h, enquanto que um evento de precipitação muito superior (64,6 mm) permite um I_{30} de 10,8 mm/h.

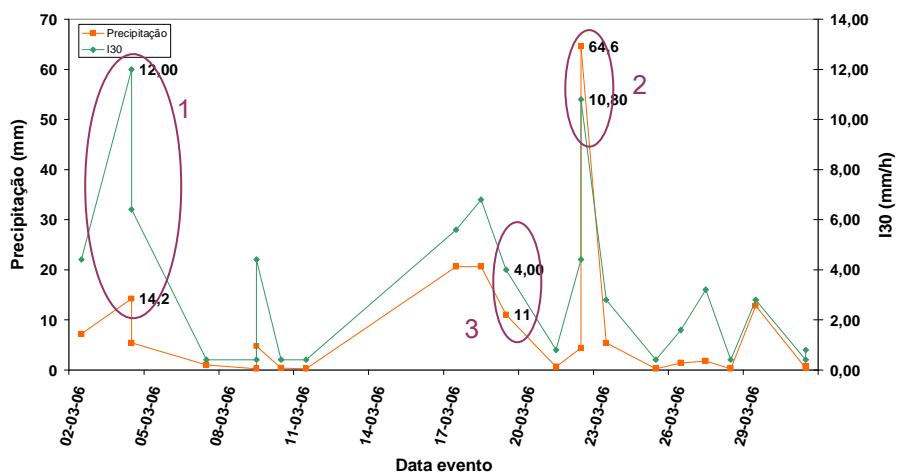


Figura 5.21 – Precipitação e I_{30} para cada evento no mês de Março de 2006 da área de estudo.

E nos pontos 3 e 4, pode-se verificar que para a mesma precipitação 11 mm dois eventos possuem um I_{30} não muito diferente 5,2 e 4 mm/h, mas que em termos de duração de evento é de 7:15 e 31:40 horas respectivamente.

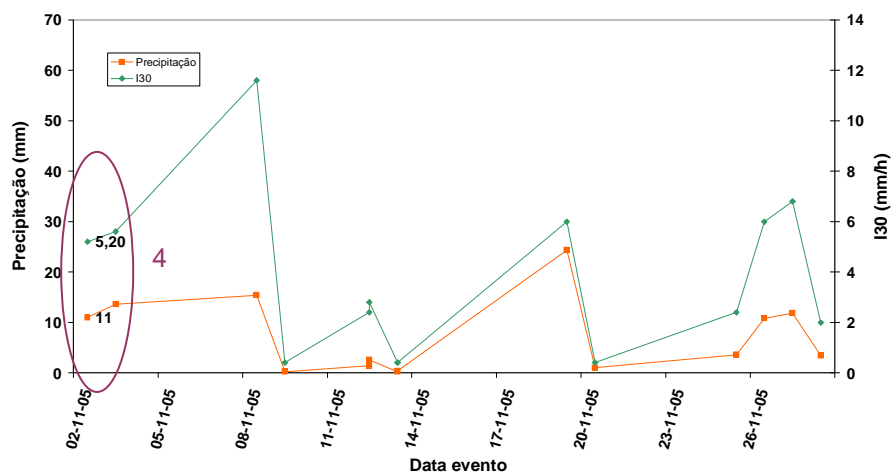


Figura 5.22- Precipitação e I_{30} para cada evento no mês de Novembro de 2005 da área de estudo.

Dos 156 eventos estudados, podemos afirmar que uma grande maioria diz respeito a eventos com pouco tempo de duração (28%), apresentando uma energia

cinética relativamente baixa ao contrário dos que têm maior duração (Figura 5.23). Seria de esperar que à medida que a duração do evento fosse maior, mais raro seria de ocorrer esse mesmo, mas o que aconteceu foi que os eventos de 6 a 24h ocorreram em maior número que os de 1 a 6 horas.

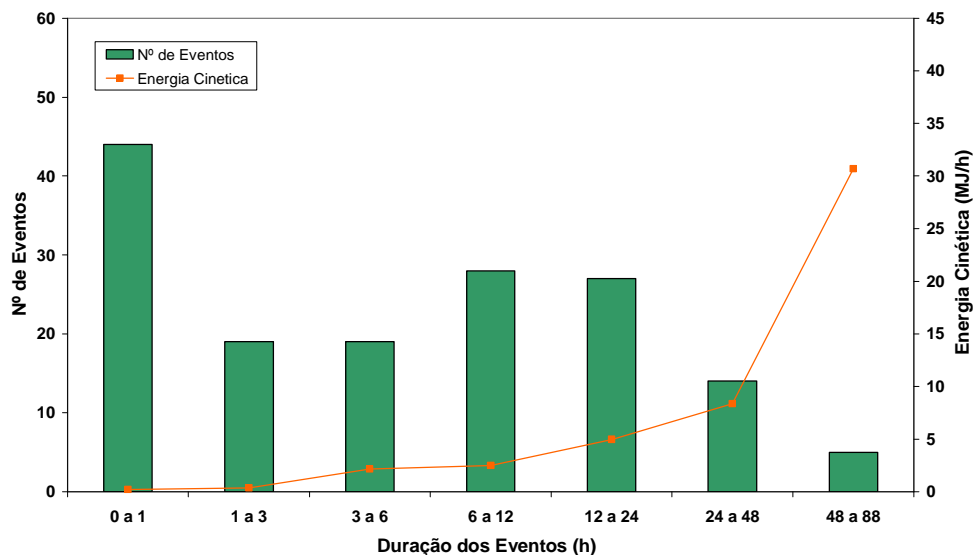


Figura 5.23 – Número de eventos distribuídos em classes de duração e respectiva Energia Cinética média.

Relativamente aos cálculos necessários para obter o Índice de Erosividade e Energia cinética de cada evento, pode-se afirmar que se trata de uma operação muito morosa e que tem de se possuir especial cuidado na determinação de alguns parâmetros, pois cada evento é diferente e tem de ser tratado individualmente.

Como resultado final destes cálculos para o ano hidrológico obteve-se um Índice de Erosividade de 2421,79 MJ.mm/Ha.h., e quanto à energia cinética desse mesmo período obteve-se um valor de 213,13 MJ/Ha.

Por fim quanto ao cálculo do Índice de Fournier (Eq.4.4), foi possível determinar o valor de 131, que corresponde a um potencial erosivo de classe alta (Tabela 4-5) o que significa a adopção do valor de intensidade de precipitação (I) de 30 mm/h de acordo com a Tabela 2-2 correspondendo locais cuja precipitação apresenta elevada sazonalidade.

5.4.2. Modelação USLE

De forma a escolher os valores dos dados de entrada no modelo USLE, procedeu-se numa primeira instância à utilização dos valores segundo todas as equações de Wischmeier e Smith (1978). Com o intuito de aproximar os resultados da modelação à realidade, estes serão comparados com os diferentes métodos de determinação de risco de erosão estudados, e em caso necessidade proceder uma adaptação dos parâmetros de entrada.

Como tal, esta secção iniciará com a modelação de risco de erosão à escala de encosta nas várias parcelas onde ocorreram as simulações de chuva, comparando depois com os dados das parcelas abertas e finalmente com a validação de campo.

5.4.2.1. Modelação com o USLE nos locais de monitorização

De acordo com os dados descritos anteriormente procedeu-se ao cálculo das Taxas de Erosão para Açores-ms1 e Açores-ms2 (Tabela 5-9).

Tabela 5-9 – Valores de entrada no modelo e Taxas de Erosão para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo USLE.

Factor	Açores-ms1	Açores-ms2
R	2421,79	
K	0,00310	0,01334
LS	4,531	3,380
C	0,5	
P	1	0,35
A	17	19
R – calculado com base no ano hidrológico 05/06 K – análise de textura C – INAG áreas ardidas		
Observações	LS – declive 21º e 40m de comprimento	LS – declive 15º e 48m de comprimento
	P – Sem práticas de conservação	P – Culturas em faixas [13-16º]

Segundo os dados de precipitação recolhidos e de acordo com as características das duas encostas em pode-se verificar que Açores-ms2 apresenta segundo o USLE um risco de erosão pouco superior. Ao analisar os dados de entrada deste modelo também se verifica que a diferença que motivam estes resultados tem por base no factor K (único valor mais elevado) que foi determinado segundo a análise de textura.

Quando comparados estes valores com os determinados nas simulações, verificam-se as diferenças entre uma modelação à escala de encosta baseada em 3 eventos para as duas intensidades testadas com os resultados de 3 simulações de chuva à micro-escala (Tabela 5-10).

Tabela 5-10 – Valores das Taxas de Erosão anuais para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo as Simulações de Chuva e a modelação com o USLE.

Método	Intensidade (mm/h)	Taxa de Erosão (t/ha.ano)	
		Açores-ms1	Açores-ms2
Simulação de Chuva	45	0,11	0,06
	80	0,69	0,13
Modelação USLE	45	11,22	36,07
	80	38,41	123,45
Observações	De forma a se poder comparar estes 2 métodos foi realizada uma modelação com os parâmetros das encostas da simulação e com um factor R adequado a 3 eventos de chuva, com uma hora cada, à intensidade constante de 45 ou 80 mm/h.		

É de referir que os dados aqui apresentados não apresentam a conversão anteriormente realizada quando se comparou com as parcelas abertas que foram sujeitas a uma precipitação mais abundante, pelo motivo que os valores poderiam induzir a erro visto que origina taxas de erosão muito elevadas por parte da modelação.

Segundo a tabela acima apresentada pode-se então verificar os erros inerentes à modelação com o USLE, nomeadamente o facto de apresentar valores sobrestimados que podem ser justificados devido à equação de Energia Cinética na obtenção do factor R, que corresponde a uma calibração baseada em eventos naturais de precipitação e poderá não ser aplicável às simulações. Segundo Cerdá *et al*, 1997 em Prats (2007) as simulações de chuva apresentam um valor de 18 J/m², em condições semelhantes às usadas neste trabalho, enquanto que na modelação os valores apresentam-se muito superiores (Standard=1185 J/m² e Alta=2281 J/m²).

Quanto ao comportamento do modelo relativamente a alteração da intensidade da simulação pode-se afirmar que apresentou uma resposta positiva, visto que em ambas as encostas apresentam taxas superiores com o aumento da intensidade da precipitação. Mas quando comparamos as taxas de erosão nas duas encostas pelos dois métodos é verificado que tendo em conta as características das encostas, não existe uma boa relação entre o modelado e o verificado pelas simulações, pois identificam riscos de erosão opostos.

Com o intuito de verificar se esta baixa relação se apresentava apenas nestes lugares específicos, foi comparada também a modelação de todos os lugares onde foram realizadas as simulações de chuva (móveis e 1ª simulação de fixas) nas duas situações de alta e baixa intensidade (Figura 5.24 e Figura 5.25).

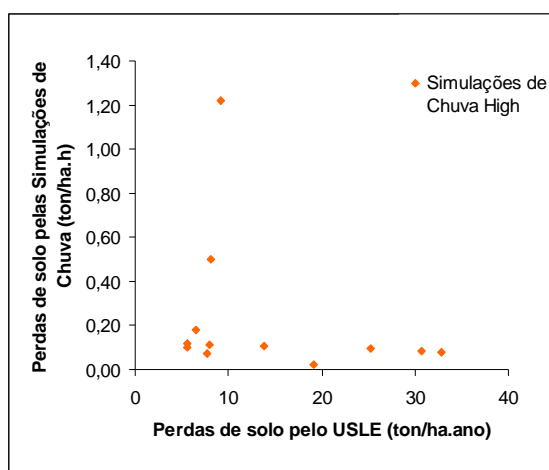


Figura 5.24 – Taxas de erosão com origem nas simulações de chuva de alta intensidade vs determinadas segundo o USLE

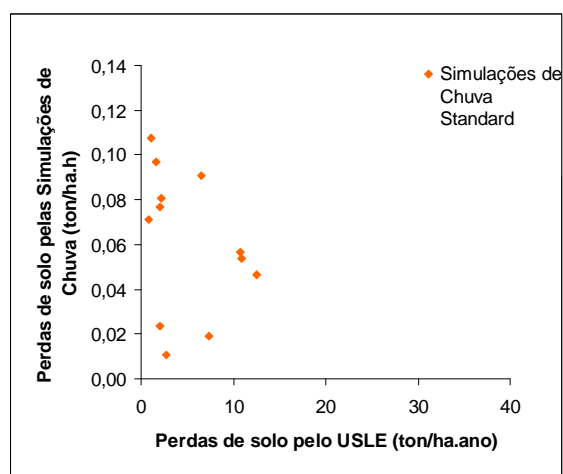


Figura 5.25 – Taxas de erosão com origem nas simulações de chuva de intensidade standard vs determinadas segundo o USLE

Neste sentido verifica-se novamente que a relação entre a modelação e os resultados da simulação de chuva não são evidentes, não só devido a uma baixa correlação (não superior a 0,15 em ambos os casos) mas também por apresentar uma distribuição dispersa de resultados.

Por fim, de acordo com a análise feita pensa-se que as simulações de chuva não se apresentam como o método mais viável para validar o modelo USLE, porque o modelo foi calibrado segundo eventos de chuva natural com uma energia cinética superior à da simulação e não foi concebido para estimar à micro-escala.

Visto que os factores que mais influenciaram o desfasamento entre os resultados do modelo e das simulações de chuva foi a determinação da Energia Cinética que pode não ser aplicada a eventos simulados e a escala da modelação, comparou-se então as taxas de erosão determinadas pelas parcelas abertas devidas a eventos naturais à escala de encosta (Tabela 5-11).

Tabela 5-11 – Valores de Taxas de Erosão para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo as Parcelas Abertas e a modelação com o USLE.

Método	Taxa de Erosão (t/ha.ano)	
	Açores-ms1	Açores-ms2
Parcelas Abertas	0,02	0,04
Modelação USLE	17,00	19,11
Observações	De forma a se poder comparar estes 2 métodos foi realizada uma modelação com os parâmetros de entrada apresentados na Tabela 5-9.	

Devido ao aumento da escala, o erro da modelação aumentou consideravelmente, apresentando no entanto uma relação linear entre os resultados, isto é, em ambos os casos (medido e modelado) a encosta de Açores-ms2 produz taxas de erosão superiores.

Quando comparamos estes últimos resultados com a descrição feita para os dados das simulações de chuva e a modelação comparativa resultante, parece contraditório o facto de que a encosta de Açores-ms2 obtenha taxas de erosão medidas superiores, tal facto pode ser explicado então pelas características intrínsecas das diferentes parcelas de simulação que não se apresentam representativas da restante encosta, justificando então esta inversão quando se passa para uma escala superior.

Pode-se afirmar que o modelo sobrestima as taxas de erosão, tal como já era esperado, mas que também apresenta uma resposta linear com os resultados obtidos no campo à escala de encosta.

5.4.2.2. Modelação com o USLE na Área de Estudo

Seguindo então para a modelação realizada para toda a área de estudo com base na aplicação dos factores referenciados na Tabela 5-9, mas de acordo com a variação de cada encosta nos factores LS e P, pode-se verificar uma elevada heterogeneidade na área (Figura 5.26).

É importante referir que o factor que mais se tem em conta na modelação numa área desta dimensão é o factor LS (declive e comprimento de encosta) que foi determinado com base na cartografia facultada, mais propriamente no mapa de altimetria do local. Sendo assim existem três pormenores a ter em conta, o primeiro que já foi observado anteriormente devido à verificação de declives extremamente elevados provavelmente derivados de algum erro na elaboração do mapa, o facto de que a altimetria não consegue reproduzir as condições das áreas sujeitas a terraços e ainda outro de extrema relevância que diz respeito ao comprimento de cada encosta que foi determinado de uma forma semi-automática e por isso não apresenta rigor.

Quando se compara este mapa com a validação de campo realizada, as áreas que anteriormente haviam sido consideradas como as que apresentavam maiores riscos apresentam-se agora com um risco médio e médio baixo. Tal facto deve-se principalmente por se apresentarem como áreas intervencionadas que segundo os parâmetros de entrada proporciona um menor risco de erosão.

No que toca às diferenças observadas devido às várias intervenções feitas de mobilização do solo, verifica-se que as áreas que compostas por terraços apresentam-se com um risco de erosão médio baixo, e por isso se apresentam com um erro considerável pois segundo a validação de campo estas encontram-se entre as classificações de médio e médio alto. Enquanto que as áreas que apresentam um elevado declive e por não possuírem qualquer tipo de intervenção são consideradas de risco elevado segundo o modelo quando na realidade não apresentaram fenómenos erosivos de relevância.

Também foram verificadas que algumas áreas sem intervenção apresentam segundo a modelação o risco máximo devido ao factor P ($P=1$), quando na realidade a erosão é bastante baixa nesses locais pelo facto de existir uma vegetação que permite a estabilidade do solo. O que se pensa que aconteceu nesta situação foi que a recuperação da vegetação foi mais rápida ou que a intensidade do fogo foi inferior nesses locais. Mas devido à simplicidade deste modelo, tais factores não são tidos em conta.

Outra questão diz respeito ao factor C que apresenta-se muito elevado para uma área ardida, e como tal, pode ser responsável por sobrestimar as perdas do solo, isto

porque segundo Larsen e MacDonald (2007) foram determinados valores entre 0,2 e 0,0003, que correspondem ao primeiro ano após um incêndio de severidade elevada e 4 anos após um incêndio de severidade baixa respectivamente. O problema é que todos estes valores apresentam-se como situações mais favoráveis que o valor facultado pelo INAG num eucaliptal (0,2) e devido ao facto que este se aproxima mais da realidade portuguesa não se procedeu a nenhuma alteração ao já estipulado.

É obvio que a escolha de parâmetros de entrada do modelo é de extrema importância para aproximar a estimativa à realidade, como tal, procedeu-se a uma avaliação de toda a modelação realizada por comparação com a validação de campo e posteriormente vários testes foram realizados para que de uma forma qualitativa se pudessem tecer conclusões acerca das possíveis melhorias nos diversos factores.

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

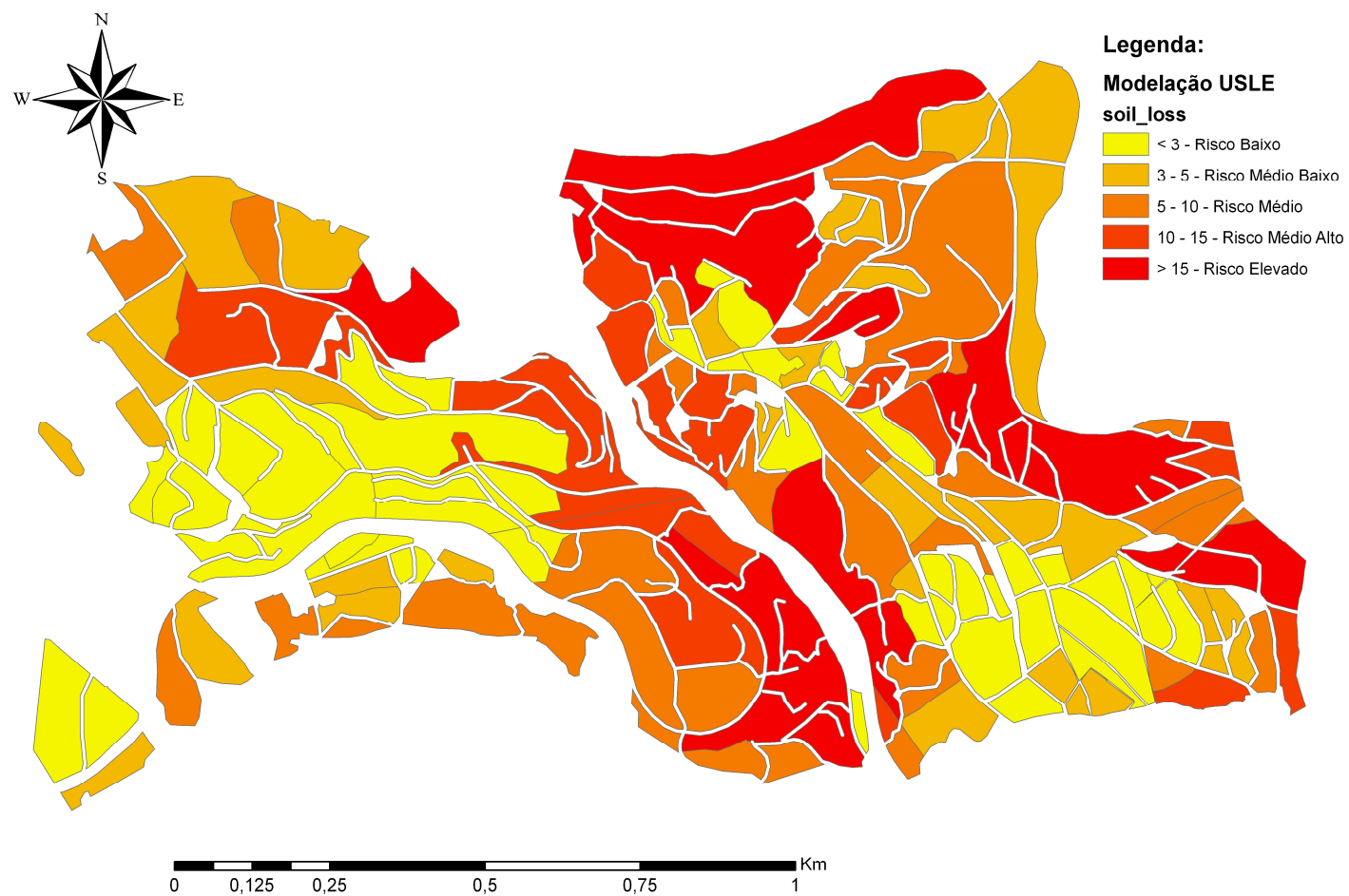


Figura 5.26 – Resultados de taxas de erosão e correspondente Risco obtidos na modelação com USLE em toda a área de estudo.

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

Por comparação com o mapa construído com base na validação de campo, apenas se verificam algumas coerências em parcelas específicas, pois na sua maioria a modelação não parece ser linear com o que acontece na realidade (Tabela 5-12).

Tabela 5-12 – Correspondência entre classificação originada pela validação de campo e pela modelação com o USLE.

Correspondência (% encostas)		Modelo USLE				
		Elevado	Médio Alto	Médio	Médio Baixo	Baixo
Validação de Campo	Elevado	0	0	50	0	50
	Médio Alto	20	40	40	0	0
	Médio	17	17	0	17	50
	Médio Baixo	50	50	0	0	0
	Baixo	33	0	22	11	33

De acordo com a análise feita os resultados apresentam uma grande disparidade entre a classificação resultante dos dois métodos, pois apenas 5 encostas apresentam com uma classificação coerente e 6 apresenta-se uma classe superior ou inferior ao verificado no campo.

Com vista a interpretar o comportamento dos factores é de referir um dos testes realizados, onde apenas se alterou o factor P (valor de 1) em todas as encostas e procedeu-se a uma nova análise da qual surgiu uma correspondência plena de 7 encostas com outras 6 com erro de um nível de classificação, em que o factor primordial para a diferenciação do risco se baseou no factor LS (Figura 5.27).

O motivo que levou a testar este valor tem por base o facto de que na validação de campo se verificou que na maioria das vezes as intervenções realizadas agravavam a situação existente invés de controlar a erosão, em que supostamente deviam apresentar um valor de P superior ao locais sem qualquer prática. Mas como não foi possível atribuir uma diferenciação deste factor em torno das condições em que se encontrava (com intervenção/sem intervenção) devido a um desfasamento temporal visto que as áreas sofreram uma mobilização do solo em ocasiões diferentes (antes ou depois do fogo, ou até mais recentes) atribuiu-se então o máximo em todos.

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

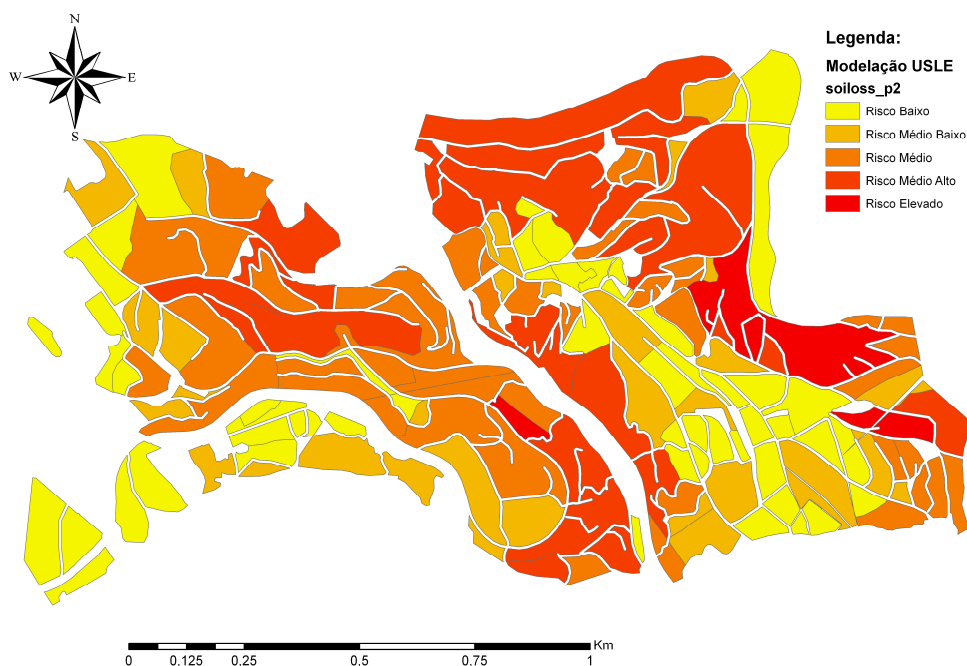


Figura 5.27 – Classificação do Risco de Erosão obtidos na modelação teste ($P=1$ em todas as encostas) com USLE em toda a área de estudo.

Tendo em conta os resultados obtidos pode-se afirmar que este teste providenciou uma resposta positiva pelo facto de se aproximar à realidade verificada no campo. Neste seguimento seria também interessante não só aferir o comportamento deste factor após o distúrbio de um fogo mas também devido ao distúrbio provocado pelos diversos tipos de mobilização efectuados no local.

5.4.3. Modelação MMF

Nesta secção, a modelação com o MMF será apresentada de forma análoga à modelação realizada com o USLE, em que inicialmente se apresenta a determinação do risco de erosão segundo Morgan (2001) e se faz a respectiva comparação com os diferentes métodos de determinação desse risco, procedendo então a adaptações caso se verifique.

Como tal, esta secção iniciará com a modelação de risco de erosão à escala de encosta nas várias parcelas onde ocorreram as simulações de chuva, comparando depois com os dados das parcelas abertas e finalmente com a validação de campo.

5.4.3.1. Modelação com o MMF nos locais de monitorização

De acordo com os dados descritos anteriormente procedeu-se ao cálculo das Taxas de Erosão para Açores-ms1 e Açores-ms2 (Tabela 5-13).

Tabela 5-13 – Valores de entrada no modelo e Taxas de Erosão para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo MMF.

Factor	Parâmetro	Açores-ms1		Açores-ms2
Precipitação	R	1134,2		
	Rn	173		
	I	30		
Solo	MS	0,28		
	BD	1,2		
	EHD	0,09		
	K	0,7		
	COH	2		
Forma terreno	S	21		15
Coberto vegetal	A		0,10	
	Et/E0		0,57	
	C (CxP)	0,50		0,17
	CC		0,68	
	GC	0,37		0,23
	PH	4,5		9,5
Taxa de Erosão do solo (t/ha.ano)		0,13		0,03

Através dos dados de precipitação recolhidos, da aproximação feita relativamente à intensidade de precipitação típica e de acordo com as características das duas encostas pode-se verificar que Açores-ms1 apresenta segundo o MMF um risco de erosão superior.

Tal como foi feito para o modelo anterior, procedeu-se à comparação entre a resposta do MMF segundo as condições das simulações de chuva à escala de encosta com os dados obtidos segundo a aproximação feita por 3 simulações realizadas nos dois locais (Tabela 5-14).

Tabela 5-14 – Valores das Taxas de Erosão anuais para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo as Simulações de Chuva e a modelação com o MMF.

Método	Intensidade (mm/h)	Taxa de Erosão (t/ha)	
		Açores-ms1	Açores-ms2
Simulação de	45	0,11	0,06
Chuva	80	0,69	0,13
Modelação	45	0,02	0,01
MMF	80	0,07	0,05
Observações	De forma a se poder comparar estes 2 métodos foi realizada uma modelação com os parâmetros das encostas da simulação e com uma precipitação adequada a 3 eventos de chuva, com uma hora cada, à intensidade constante de 45 ou 80 mm/h.		

Como se pode verificar, os erros da modelação com o MMF são inferiores aos do modelo anterior e em alguns casos apresenta-se com valores muito próximos dos obtidos pelas simulações. Também se constata que os erros ocorrem sempre por apresentar valores de taxas de erosão inferiores às medidas, o que nem sempre é muito viável, pois normalmente a modelação deve ser realizada de forma apresentar a situação mais desfavorável.

Verificou-se também uma relação linear da modelação, em que tanto o modelo como as simulações de chuva apresentam valores mais elevados nas intensidades de 80 mm/h do que nas de 45 mm/h, e ao nível das diferenças entre parcelas, verifica-se que em Açores-ms1 as taxas de erosão são mais elevadas que em Açores-ms2.

Com o intuito de verificar se esta relação linear se apresentava apenas nas parcelas fixas, foi comparada também a modelação de todas as encostas onde foram realizadas as simulações de chuva (móveis e 1ª simulação de fixas) nas duas situações de alta e baixa intensidade (Figura 5.28 e Figura 5.29).

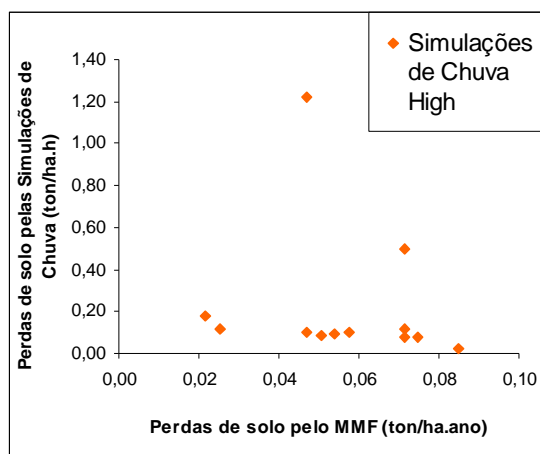


Figura 5.28 – Taxas de erosão com origem nas simulações de chuva de alta intensidade vs determinadas segundo o MMF.

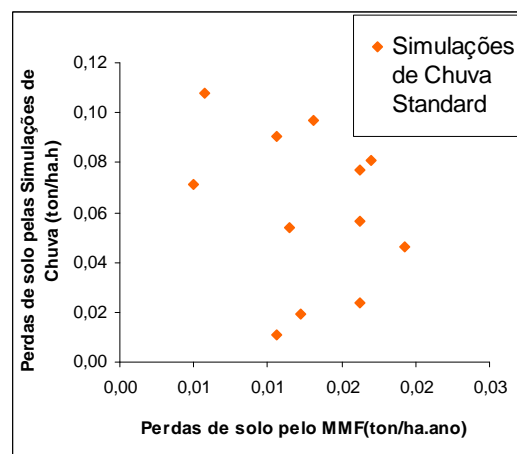


Figura 5.29 – Taxas de erosão com origem nas simulações de chuva de intensidade standard vs determinadas segundo o MMF.

Tal como o modelo USLE a correlação entre as simulações e o MMF apresenta-se muito baixa (máximo verificado 0,12) permitindo verificar as mesmas dificuldades quando comparado com simulações pontuais, mais especificamente pelo facto de que não foi concebido para estimar à micro-escala.

Como é possível estudar a formação de escorrência no modelo MMF, o mesmo tipo de comparação foi realizada de forma a compreender melhor a origem dos resultados anteriormente apresentados, mas desta vez direccionados para a escorrência formada (Tabela 5-15).

Tabela 5-15 – Valores de Escorrência para Açoresms1 e Açores-ms2 segundo as Simulações de Chuva e a modelação com o MMF.

Método	Intensidade (mm/h)	Escorrência (mm/ano)	
		Açores-ms1	Açores-ms2
Simulação de Chuva	45	81	37
	80	118	118
Modelação MMF	45	31	
	80	65	
Observações	De forma a se poder comparar estes 2 métodos foi realizada uma modelação com os parâmetros das encostas da simulação e com uma hora de chuva com intensidade constante de 45 ou 80 mm/h.		

Neste caso os erros inerentes à modelação com o MMF, quando comparados com as medições resultantes das simulações de chuva são bastante baixos.

No que toca à reacção proporcional derivada do aumento da intensidade da precipitação o modelo reagiu de forma positiva, considerando também que, tal como as simulações em alta intensidade ambos os locais apresentam uma escorrência idêntica quando estão sujeitos à mesma intensidade de precipitação.

Comparando os resultados do modelo MMF com os obtidos nas Parcelas Abertas, é possível avaliar a resposta do modelo em termos de perdas de solo relativamente a eventos de precipitação naturais (Tabela 5-16).

Tabela 5-16 – Valores de Taxas de Erosão para Açores 1 e Açores 2 (Original) segundo as Parcelas Abertas e a modelação com o MMF.

Método	Taxa de Erosão (t/ha.ano)	
	Açores-ms1	Açores-ms1
Parcelas Abertas	0,02	0,04
Modelação MMF	0,13	0,03
Observações	De forma a se poder comparar estes 2 métodos foi realizada uma modelação com os parâmetros de entrada apresentados na Tabela 5-9.	

Pelo que se pode apurar da tabela acima apresentada, o modelo MMF apresenta para eventos reais uma proximidade superior relativamente às taxas de erosão determinadas pelas parcelas abertas do que as mesmas determinadas para as simulações de chuva. Comparando com o modelo anterior, a resposta do MMF é sem dúvida mais realista e rigorosa no contexto que envolve a área de estudo.

O motivo que leva a esta proximidade de valores com as medições de campo é explicada pelo último cálculo aplicado, cuja operação consiste em igualar as taxas de erosão ao valor mais baixo dos resultados referentes à capacidade de desagregação do solo (F+H) e à capacidade de transporte de sedimentos (TC). Por este facto é importante referir, que a modelação nesta área oferece em todas as situações o TC como o valor mais baixo, e como tal apresenta-se sempre este com o valor da taxa de erosão modelada.

Desta forma também foi perceptível que as alterações do coberto vegetal desde a altura do incêndio não possuem uma contribuição significativa devido a este factor não estar inserido no cálculo do TC e logo apresenta em ambos os casos (a seguir ao incêndio/Agosto de 2008) a mesma taxa de erosão.

Apesar disso, continua-se a verificar que ainda que a escala seja superior, por vezes apresentam-se taxas de erosão subestimadas. Tal poderá dever-se ao facto de que os dados de entrada do modelo não contemplam o comprimento das diferentes encostas que é diferente em Açores-ms1 (40 m) e Açores-ms2 (48 m)

Podemos afirmar então, que o modelo acarreta menores erros na determinação de taxas de erosão do que o USLE e ainda que por vezes sejam valores aquém da realidade.

De forma a apurar mais profundamente o motivo por qual existem estas diferenças entre o modelo e a realidade, procedeu-se à comparação entre a formação de escorrência anual segundo a modelação com o MMF e a escorrência medida na área de estudo (Tabela 5-17).

Tabela 5-17 – Valores de Escorrência para Açores-ms1 e Açores-ms2 segundo as Parcelas Abertas e a modelação com o MMF.

Método	Escorrência anual (mm)	
	Açores-ms1	Açores-ms2
Parcelas Abertas	13,5	13,2
Modelação MMF	83,647	
Observações	De forma a se poder comparar estes 2 métodos foi realizada uma modelação com os parâmetros de entrada apresentados na Tabela 5-9.	

Tal como foi verificado em situações anteriores, o modelo MMF não faz distinção entre áreas de diferente tamanho nem com diferentes declives na formação de escorrência, o que inviabiliza a comparação de duas áreas com característica de solo semelhantes e precipitações iguais.

É de referir no entanto que a nova versão do modelo (Morgan e Duzant, 2008) já tem em consideração este facto nas equações de base, esperando então que a resposta relativamente à formação de escorrência e taxas de erosão com o incremento das diferenças inerentes ao comprimento de cada encosta.

Quanto aos valores obtidos pelo modelo também se verifica um exagero de cálculo nas taxas de escorrência, devido à evapotranspiração total utilizada ser 650 mm e daí originar uma capacidade de retenção hídrica do solo bastante baixa, surgindo consequentemente elevadas taxas de escorrência. Verificou-se também que este factor é um dos mais importantes no modelo cujas alterações de pequena ordem resultam em significativas alterações da escorrência superficial.

5.4.3.2. Modelação com o MMF na Área de Estudo

Quanto à modelação realizada para toda a área de estudo com base na aplicação dos factores referenciados na Tabela 5-13, mas de acordo com a variação de cada encosta nos factores S, C (que diz respeito ao produto de C por P do USLE), PH e GC pode-se verificar uma elevada heterogeneidade, não só entre as diversas encostas mas também ao longo delas (Figura 5.30).

Quanto aos parâmetros de entrada do modelo C e P, as dificuldades verificadas no modelo USLE são também verificadas neste pelos mesmos motivos anteriormente referidos, que incluem as diferentes intervenções realizadas e a problemática de conseguir representar as situações verificadas na validação de campo.

É importante referir que o erro que ocorreu no USLE devido à determinação do factor topográfico LS não se repetiu, pois não existe a necessidade de associar ao declive um comprimento da encosta (que havia sido determinado sem rigor) pelo facto de que o MMF não tem em conta a essa dimensão.

Quanto aos restantes factores é verificado que pelo facto de se apresentarem segundo a mesma classe de textura, todos os parâmetros referentes às características do solo (Tabela 5-13) são iguais em toda a área de estudo, isto porque têm origem na tabela guia descrita por Morgan (2001) (Tabela 4-11). Esta extrapolação apresentou falta de rigor por seguir esta calibração, mas visto que não foram determinados estes parâmetros no local não houve outra alternativa senão considerá-los iguais.

Tal como no modelo anterior foi descrito, a escolha dos parâmetros de entrada é uma das fases mais importantes na modelação pois estas escolhas reflectem-se em todos os cálculos que são feitos posteriormente, proporcionando desta forma uma maior propagação de erros quanto maior for o número de parâmetros de entrada.

De acordo com as grandezas de perdas de solo determinadas segundo este modelo verifica-se que toda a área apresenta risco de erosão baixo (< 3 t/ha.ano), como tal, apresenta-se a base das várias encostas a amarelo que corresponde a esse risco com a distinção entre as diversas áreas sob a forma de linhas sobre estes com a gradação de cor adequada. O objectivo por qual se apresenta o mapa desta forma é de cumprir com a classificação da mesma ordem de grandeza feita para o USLE mantendo ainda a possibilidade de comparar os resultados com a validação de campo.

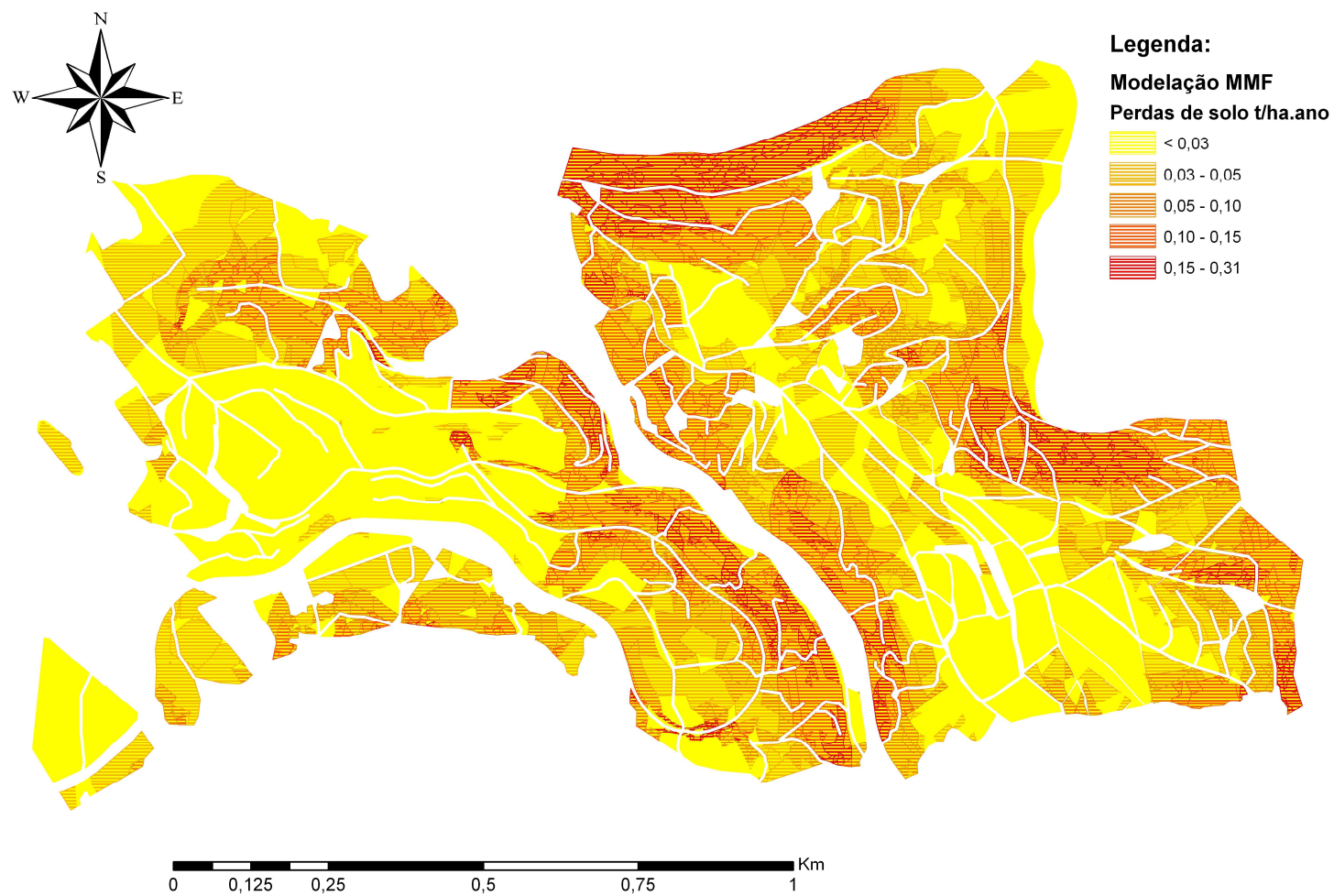


Figura 5.30 – Resultados de Perdas de Solo obtidos na modelação com MMF em toda a área de estudo.

“Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro”

Na tentativa de adoptar a mesma metodologia que foi aplicada no modelo USLE procedeu-se à análise de correspondência entre a classificação com origem na validação de campo e a classificação derivada do modelo MMF mas desta vez com base na classificação de risco máximo verificado nas várias encostas, visto que neste caso é apresentada a variabilidade do risco ao longo de cada uma (Tabela 5-18).

Tabela 5-18 – Correspondência entre classificação originada pela validação de campo e pela modelação com o USLE.

Correspondência (% encostas)		Modelo MMF				
		Elevado	Médio Alto	Médio	Médio Baixo	Baixo
Validação de Campo	Elevado	50	0	0	0	50
	Médio Alto	60	0	40	0	0
	Médio	33	0	0	50	17
	Médio Baixo	100	0	0	0	0
	Baixo	44	0	33	0	22

De acordo com a análise feita os resultados voltam a apresentar uma grande disparidade, apresentando 3 encostas coerentes com a validação de campo e 8 com uma classificação superior ou inferior à validação de campo.

Com vista a verificar se o MMF apresenta uma relação com o modelo anterior comparou-se os resultados de ambos nas várias encostas quanto às taxas de erosão determinadas, em que no caso do MMF por apresentar uma variabilidade em cada encosta foi avaliada pela média ponderada dessas taxas e pelo máximo verificado em cada encosta (Figura 5.31 e Figura 5.32).

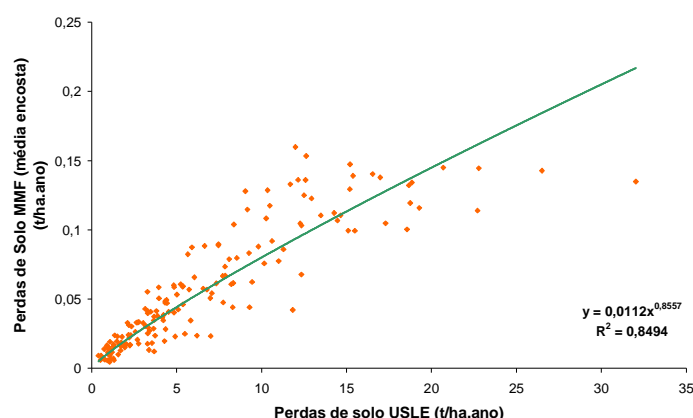


Figura 5.31 – Taxas de erosão (média encosta) segundo MMF vs segundo USLE.

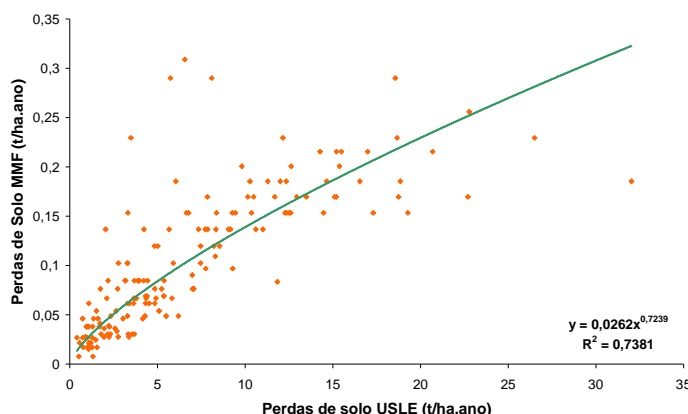


Figura 5.32 – Taxas de erosão (máximo encosta) segundo MMF vs segundo USLE.

Em ambos os casos é visível uma elevada correlação de resultados (0,85 e 0,74) o que indica que as modelações realizadas identificam riscos nos mesmos locais ainda que de uma ordem de grandeza diferente. Neste sentido pode-se afirmar que alteração do factor P para o máximo em todas as encostas terá as mesmas consequências neste modelo como teve para o USLE.

É importante referir que o facto de no USLE se ter determinado o comprimento da encosta de uma forma semi-automática com menos rigor poderá revelar-se perante esta comparação com um erro menos significativo do que o esperado.

No que toca à ordem de grandeza das taxas de erosão e a sua relação com o factor C, verificou-se a redução de uma ordem de grandeza em ambos os modelos caso se utilizasse o valor aconselhado por Larsen e MacDonald (2007) (0,05 correspondendo a 1 ano após um incêndio de média severidade). O que significava no modelo MMF taxas de erosão insignificantes (uma grandeza inferior ao verificado pelas determinações de campo) enquanto que no modelo USLE continuava a sobrestimar numa ordem de grandeza entre 1 e 2 vezes superior. Desta forma optou-se por manter o factor C pelo motivo de que além de ser um valor determinado para a realidade portuguesa, permite que pelo menos um dos modelos apresente resultados aproximados à realidade da área de estudo.

Por fim pode-se avaliar este modelo como capaz de prever as taxas de erosão na mesma ordem de grandeza que as taxas reais ainda que os resultados não se apresentem espacialmente distribuídos segundo a validação de campo, mas esse facto também poderá ser corrigido com uma adequada parametrização dos factores C e P.

Também devido à distribuição espacial dos diferentes riscos de erosão, os parâmetros referentes às características do solo não permitiram uma distinção entre as várias encostas mais rigorosa, mas pensa-se que devido à pequena dimensão da área de estudo e à proximidade das várias encostas esta diferenciação pode não ser substancial (exceptuando em condições intervencionadas). Logo, no caso de se comparar a modelação de locais bastante distintos uma mera classificação de textura dos solos pode ser demasiado simplista recomendando-se sempre que possível a determinação dos vários parâmetros no local.

Quanto às taxas de escorrência resultantes do modelo verifica-se que existe uma elevada sensibilidade devida valor da Evapotranspiração total, que neste caso originou escorrências muito elevadas quando comparadas com as resultantes da medição no local.

5.4.4. Comparação com outros Estudos

De forma a se poder comentar quanto ao rigor aplicado a este estudo, a apresenta-se a sua comparação com estudos relevantes (Tabela 5-19). Como se pode verificar é mais vasta a aplicação do modelo USLE (e derivados) que no modelo MMF, apresentando neste último apenas dados do autor do modelo (Morgan 2001) e um outro (De Jong *et al*, 1999), enquanto que no USLE a sua aplicação apresenta-se em número considerável não só porque é de fácil aplicação mas também porque é o modelo mais conhecido neste contexto.

Quanto à modelação realizada com o USLE pode-se destacar o estudo realizado por Palácios (2007), cujos resultados de modelação se apresentam muito superiores aos obtidos neste trabalho (19 vs 274 t/ha.ano) para o mesmo local, apresentando 5 ordens de grandeza a mais do que o determinado no local de estudo, demonstrando desta forma um resultado de perdas do solo excessivo que é frequentemente associada ao USLE.

Quando se tem por referência os estudos do INAG verifica-se uma coerência com a modelação feita para toda a área de estudo, principalmente em 2005 que diz respeito ao ano do incêndio no local, apesar de que os resultados em ambos os mapas, não estão totalmente na gama de valores apresentados. O valor apresentado do INAG para o ano de 2003, não corresponde à área de estudo, mas sim a uma área próxima ardida nesse ano que permitiu a extrapolação de 8-16 t/ha.ano., sendo importante referir que na área de Açores o mapa descreve o local com um risco de 0-1t/ha.ano pelo facto de não ter ardido, mas que no entanto corresponde com a realidade do ano que se seguiu ao incêndio.

Quanto às taxas de erosão determinadas no local (dados de Palácios (2007)), de uma forma geral, apresentam-se muito inferior às modeladas pelo USLE, excepto no facto de se enquadrarem com o mapa do INAG de 2005 devido à baixa resolução de classes apresentada pelo mapa uma vez que foi aplicado para Portugal Continental.

É de referir também que o modelo RUSLE que se apresenta aqui com um detalhe muito superior ao modelo que lhe deu origem, continua a sobrestimar taxas de erosão em locais cujos valores se apresentam abaixo de 1 t/ha.ano como é o caso de Açores-ms1 e Açores-ms2 e subestimam essas mesmas taxas quando ultrapassam esse mesmo valor. Algo também já referido por Nearing (1998) (Nearing, 2000), que afirma que os modelos frequentemente sobrestimam pequenas taxas de erosão e subestimam quando estas se tornam mais significativas.

No que toca à modelação com o MMF, verifica-se em todos os estudos uma maior proximidade das taxas determinadas no local do que pela modelação com o USLE, seja no caso deste estudo, como nos trabalhos feitos por De Jong *et al*, 1999 e pelos diversos testes realizados pelo autor do modelo (Morgan, 2001). Neste último caso apresentou-se dados de um local com características do solo e clima mais aproximadas ao nosso estudo, em que se verifica uma taxa de erosão insignificante e mesmo assim o modelo apresenta uma proximidade de duas ordens de grandeza acima do medido, com um pormenor que não deixa de ser impressionante.

Tabela 5-19 – Comparação de resultados medidos e previstos segundo o USLE e o MMF quanto às perdas de solo anuais de diversos autores

Descrição	Intensidade Incêndio	Precipitação (mm/ano)	Taxa de erosão medida (t/ha.ano)	Metodologia de medição	Taxa de erosão prevista (t/ha.ano)	Modelo aplicado	Fonte
Risco de erosão em zonas afectadas por incêndios florestais (Açores)	n/a	n/a	n/a	n/a	8-16	USLE	INAG (2003)
	n/a	n/a	n/a	n/a	0-20	USLE	INAG (2005)
Erosão em eucaliptais recentemente ardidos (Açores)	Médio	1156	0,02-0,04	Parcelas Abertas	274	USLE	Palácios (2007)
Modelação de perdas de solo à escala de encosta em áreas ardidas (Colorado, USA)	Vários	360-500	< 1	Cerca de sedimentos	Sobrestimado	RUSLE	Larsen e MacDonald, 2007
			> 1		Subestimado		
Cartografia de risco de erosão em áreas ardidas (Açores)	Médio	1134	Qualitativa	Inventário fenómenos erosivos	0,4-32,0	USLE	Presente estudo
					0,001-0,310	MMF	
Solo franco arenoso, 7% declive (El Ardal, Espanha)	n/a	n/a	0,009 kg/m ² (Ecorrência 5,9 mm)	n/a	0,948 Kg/m ² (Ecorrência 116,7 mm)	MMF	Morgan (2001)
Determinação de erosão do solo usando o SEMMED e detecção remota em áreas Mediterrâneas	n/a	> 800	Qualitativa	Imagens Landsat TM	0 - 9,76 x 10 ⁻³	MMF	De Jong <i>et al</i> , 1999
			7,4	n/a	3,56		
			4,7		2,78		

6. Conclusões

Após a elaboração deste estudo foi possível tecer as seguintes conclusões relativamente aos vários assuntos abordados:

- **Sistemas de Informação Geográfica**

É uma ferramenta bastante importante na tomada de decisões e acções na gestão integrada do espaço, especialmente no que toca a recursos florestais. Porque permite uma melhor e compreensão de mecanismos e processos dinâmicos associados a um dado local, acrescentado ao facto de que é facilmente actualizável como base de dados.

No que toca à informação SIG em Portugal, pode-se verificar que existe uma escassez de dados, ou então quando eles existem não têm o rigor necessários para um estudo tão profundo quanto este, apresentando a necessidade de verificação de campo. Também foi exigido acrescentar informação à já facultada sob outras formas, como o Google Earth e o Virtual Earth disponíveis como software livre, sob a forma de imagens aéreas das quais foi feita uma análise e interpretação que pode acarretar bastantes erros.

- **Determinação de Taxas de Erosão**

Graças a outros estudos levados a cabo pelo projecto EROSFIRE foi possível determinar as taxas de erosão em Açores-ms1 e Açores-ms2 através de Simulações de Chuva e da instalação de Parcelas Abertas conjuntamente com dados de Precipitação no local.

Quanto aos resultados das Simulações de Chuva pode-se verificar que se apresentam como o melhor teste de modelos de risco de erosão, pois apresenta uma elevada instabilidade de resultados originada nas alterações das características do solo no espaço temporal. Mas pensa-se que um maior número de simulações num dado local que tem em conta a variabilidade anual do solo permitirá obter um indicador de risco de erosão com muito mais rigor. Outra mais-valia para o teste dos modelos seria o conhecimento da energia cinética da simulação de chuva aplicada de forma a minimizar as diferenças observadas aumentando assim o rigor deste tipo de análise.

No que toca aos resultados provenientes das Parcelas Abertas, pode-se considerar como um bom termo de comparação com os modelos, visto apresentar os resultados de resposta perante eventos naturais de precipitação à escala de encosta,

ainda que as diferenças observáveis nas duas encostas não se tenham repercutido nas taxas de escorrência e erosão. Isto porque as diferenças observadas das medições, não conseguem ser atribuídas apenas ao facto de as encostas serem distintas, existe também os erros associados à medição destas mesmas.

- Validação de Campo

Através da validação de campo foi possível determinar as características das várias áreas que não são possíveis de adquirir através dos outros meios, como a informação SIG facultada, e determinar os desvios das diferentes modelações feitas. Das características anteriormente citadas, pode-se relembrar que aspectos como o coberto de solo, as técnicas e práticas de conservação e ainda o inventário de fenómenos erosivos permitiram aproximar os modelos à realidade e corrigir as análises previamente efectuadas na atribuição de classes através de análise de imagens aéreas.

- Modelação com o USLE

Tal como já era esperado, o modelo USLE sobrestima as taxas de erosão nas várias escalas estudadas e quanto à aplicação espacial não se apresenta bem relacionado com a validação de campo, ainda que esta situação possa ser reversível com a adaptação dos parâmetros C e P, verificando desta forma a existência de uma perda de acuidade do modelo à medida que a escala se tornava superior. Tal facto, permite recomendar que na aplicação deste modelo deve ser feita uma parametrização com base numa análise profunda das características do local, pois é fundamental para a aproximação do modelo à realidade.

- Modelação com o MMF

Segundo o modelo MMF verificou-se que nas várias escalas os erros de modelação são muito inferiores do que o modelo USLE, apresentando uma relação relativamente aos resultados das Simulações e das Parcelas Abertas muito positiva. Apesar disso ocorreram várias situações onde se subestimam as taxas de erosão, agravando o facto de que os resultados finais em toda a área validada apresentarem incoerências semelhantes às do modelo USLE, com qual apresenta elevada relação.

Concluindo então que este se aproxima mais da realidade no que toca à ordem de grandeza das taxas de erosão estimadas mas que apresenta tal como o modelo anterior, a necessidade de uma parametrização dos factores C e P baseada num profundo conhecimento do local de estudo que permite a aproximação desejada à realidade.

7. Considerações Finais

No âmbito da modelação de risco de erosão, é de considerar estudos mais profundos na determinação do Factor C e P em diversas situações em Portugal, que não se podem extrapolar para outros países devido às características únicas do solo e das técnicas utilizadas. Visto que estes factores são utilizados em ambos os modelos estudados, a contribuição de tais valores permitiria uma melhor performance por parte dos modelos sem contar que seria uma mais valia nesta área.

Também neste âmbito, mas para o modelo MMF, seria bastante vantajoso a incorporação de um coeficiente cumulativo da escorrência das encostas a montante de uma forma automatizada, com o intuito de permitir o actual rigor aplicado a pequenas áreas uniformes mas também permitir uma melhor resposta devida ao aumento de escala.

Referências

Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente. <http://www.iambiente.pt> (Consultado 2008)

Botelho da Costa, J., 1975. Caracterização e Constituição do Solo. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.

Brandão, C., Rodrigues, R., Pinto da Costa, J., 2001. Análise de Fenómenos Extremos. Precipitações Intensas em Portugal Continental. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, Dezembro, Lisboa.

Brandão, C., Rodrigues, R., Manuel, T., 2006. Potencial Erosivo da Precipitação e seu Efeito em Portugal Continental. Revista Recursos Hídricos, Vol.27, nº 2, 79 – 86.

Carta Administrativa Oficial de Portugal, 2008. www.igeoe.pt. (Consultado 2008).

Carta Geológica de Portugal. www.igeoe.pt (Consultado 2008).

Conink, H., 2003. Modelling interception of Eucalypts globulus and Pinus pinaster stands in central Portugal. MSc Thesis, Hydrology and Quantitative Water Management Group, Wageningen University, Netherland.

Coutinho, M.A., Tomás, P.P., 1995. Characterization of raindrop size distributions at the Vale Formoso Experimental Erosion Center. Catena 25, 187 - 197.

De Jong, S.M., Paracchini, M.L., Bertolo, F., Folving, S., Megier, J., De Roo, A.P.J., 1999. Regional assessment of soil erosion using the distributed model SEMMED and remotely sensed data. Catena 37, 291 – 308.

FAO, 2006. World reference base for soil resources 2006. A Framework for international classification, correlation and communication. World soil resources reports, nº 103, Rome.

Fernandes, I.A.C., 2008. Medição e Modelação da Intercepção num Povoamento de Pinheiro Bravo. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro.

Gómez, F.D., 2002. Evaluación de la Erosión Potencial y Producción de sedimentos en três Cuencas de Costa Rica. Trabalho final de Licenciatura, Escola de Engenharia Civil, Universidade de Costa Rica.

INAG, 2003. Programa de emergência para avaliação e minimização de riscos de cheia e de erosão em zonas afectadas, <http://snirh.pt> (Consultado 2008).

INAG, 2005. Avaliação e minimização de riscos de erosão em zonas afectadas por incêndios florestais. <http://snirh.pt> (Consultado 2008).

Keizer, J., Nunes, J., Coelho, C., Silva, J., Lopes, F., Brinkhof, T., Nijsingh, E., Stolte, J., Jetten, V., Ferreira, A., Melo, T., Pereira, V., Mateus, V., Malvar, M., 2005. EROSFIRE Ferramenta de apoio na decisão para identificação, com base em modelação de risco de erosão do solo após incêndios florestais. Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Ciência do Solo. ESACB. Junho.

Keizer, J.J., Doerr, S.H., Malvar, M.C., Prats, S.A., Ferreira, R.S.V., Oñate, M.G., Coelho, C.O.A., Ferreira, A.J.D., 2008. Temporal variation in topsoil water repellency in two recently burnt eucalypt stands in north central Portugal. Catena 74, 192-204.

Larsen, I.J., MacDonald, L.H., 2007. Predicting postfire sediment yields at the hillslope scale: Testing RUSLE and Disturbed WEPP. Water Resources Research, Vol. 43, W11412.

Leighton-Boyce, G., Doerr, S.H., Shakesby, R.A., Walsh, R.P.D., 2007. Quantifying the impact of soil water repellency on overland flow generation and erosion: a new approach using rainfall simulation and wetting agent on in situ soil. Hydrological Processes 21, 2337-2345.

Malvar, M.C., 2007. Resposta hidrológica e de erosão do solo em eucaliptais recentemente ardidos, e a sua modelação com MEFIDIS. Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra.

Monteiro, A., 2006. Poluição do Solo – Bloco I (Apontamentos de disciplina). Departamento de Engenharia do Ambiente. Instituto Politécnico de Leiria. Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Ano Lectivo 2006/2007.

Morgan, R.P.C., 2001. A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan-Morgan-Finney model. *Catena* 44, 305 - 322.

Morgan, R.P.C., 2005. Soil Erosion and Conservation. Third Edition, Chapter 6, National Soil Resources Institute, Cranfield University, United Kingdom.

Morgan, R.C.C., Duzant, J.H., 2008. Modified MMF (Morgan – Morgan – Finney) model for evaluating effects of crops and vegetation cover on soil erosion. *Earth Surface Processes and Landform* 32, 90 – 106.

Nearing, M.A., Govers, G., Norton, L.D., 1999. Variability in Soil Erosion Data from Replicated Plots. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 1829 – 1835.

Nearing, M.A., 2000. Evaluating soil erosion models using measured plot data: accounting for variability in the data. *Earth Surface Processes and Landform* 25, 1035 – 1043.

Palacios, E., 2007. Erosion in recently burnt eucalypt stands in North-Central Portugal and it's modelling with USLE. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.

Pimenta, M.T., 1999. Directrizes para a Aplicação da Equação Universal de Perdas dos Solos em SIG. Factor de Cultura, C, e Factor de Erodibilidade do Solo, K. <http://snirh.pt>.

Santo, F.E., 2006. Caracterização Climática – Ano Agrícola 2005/2006. Boletins e Relatórios do Instituto de Meteorologia, I.P. www.meteo.pt (Consultado 2008).

Shakesby, R.A., Doerr, S.H., 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth-Science Reviews* 74, 269-307.

Diana Vieira

Silva, J. S. , Sequeira, E. , Catry, F. , Aguiar, C., 2007. Os Contrastes em, Árvores e Florestas de Portugal. Pinhais e Eucaliptais. Edição de Público, Comunicação Social, SA, e Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento, Maio, Lisboa.

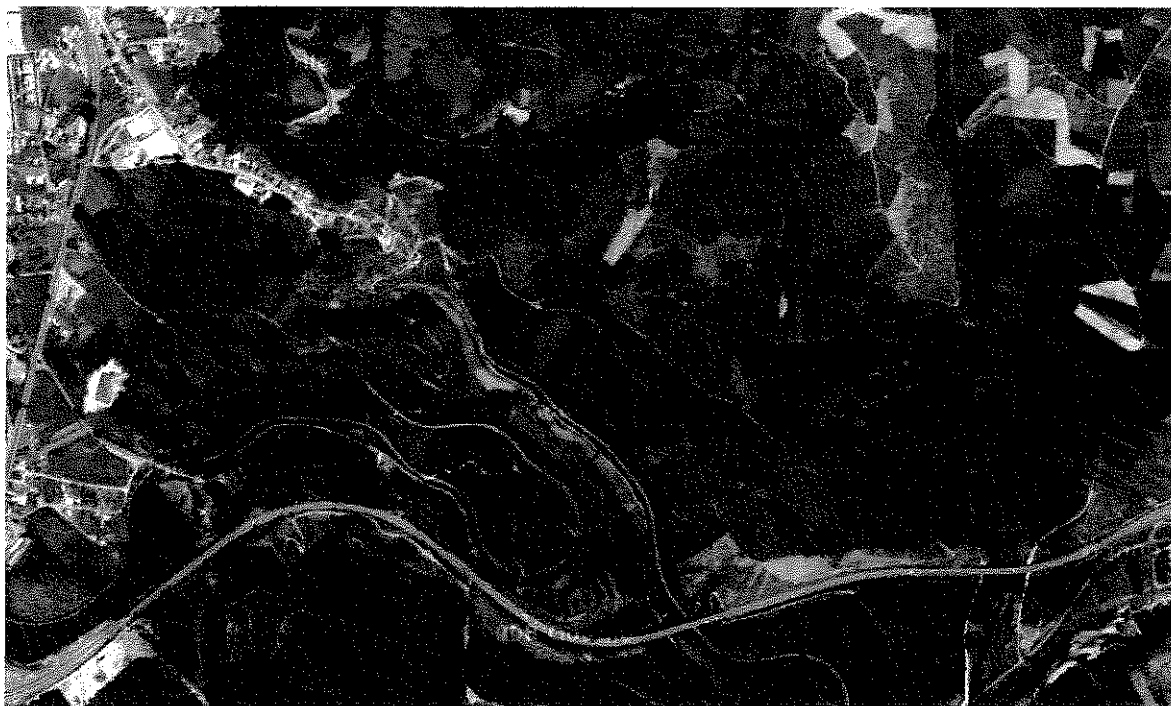
Tomás, P.P., 1993. Erosão Hídrica do Solo em Pequenas Bacias Hidrográficas. Aplicação da Equação Universal de Perda de Solo. Lisboa.

USDA, 1996. Predicting Soil Erosion by Water: A guide to conservation Planning with the revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook nº 703.

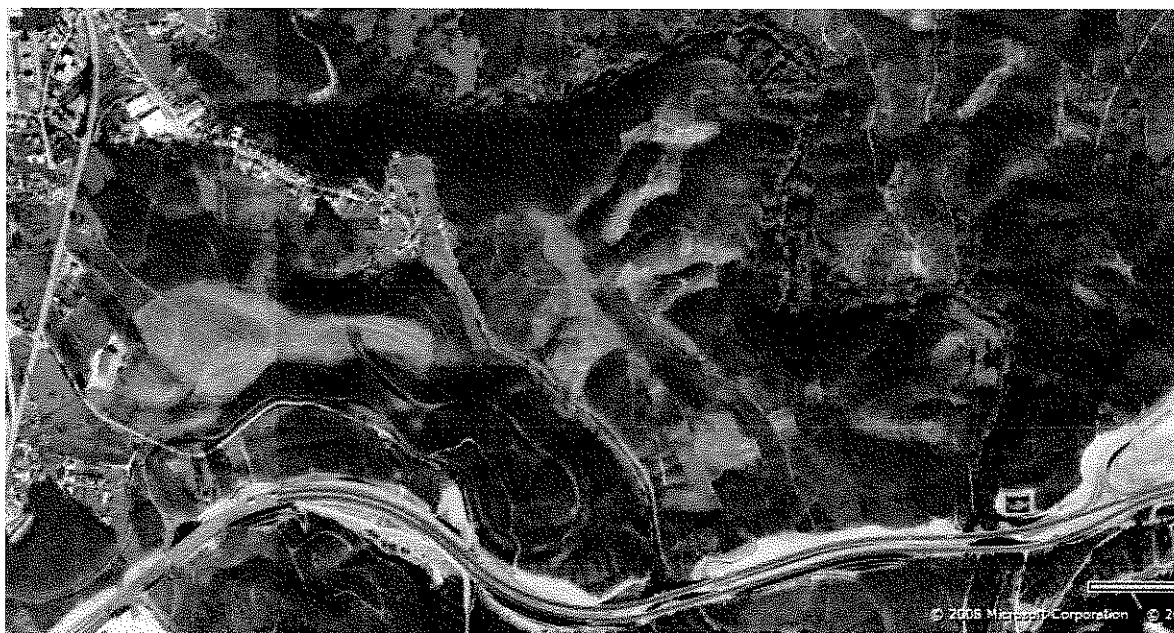
Wischmeier, W.H.; Smith, D.D., 1978. Predicting rainfall erosion losses. Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture, Handbook nº 537.



Anexos



Anexo I – Fotografia aérea da área de estudo recolhida através do programa Google Earth referente ao ano de 2005.



Anexo II – Fotografia aérea da área de estudo recolhida através do programa Virtual Earth referente ao ano de 2007.

"Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro"

EROSFIRE soil erosion features survey transect Transect code: E-surv- -tr										
Date (dd-mm-yy)					Observers:					
GPS <input type="checkbox"/> map <input type="checkbox"/> coord. transect base					X		Y		Z	
Transect localization (relative to local ref. points)										
Transect overview photo? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>										
Transect length 50m <input type="checkbox"/>			other (m) <input type="checkbox"/>			Transect width 25m <input type="checkbox"/>			other (m) <input type="checkbox"/>	
Arrangement and no. sampling points					Distance points along (sub-)transect(s) (m)?					
2 subtransects x 5 points <input type="checkbox"/>					fixed <input type="checkbox"/>					
other <input type="checkbox"/>					variable min <input type="checkbox"/> max <input type="checkbox"/>					
Morphological position			Simple Scheme :							
convex <input type="checkbox"/>			(mark plot positions with "x")							
concave <input type="checkbox"/>										
linear <input type="checkbox"/>										
Slope aspect (°)					Overall Slope angle (°)					
Lithology										
Soil type (dominant soil type)										
Land cover <i>P. pinaster</i> <input type="checkbox"/> ; <i>Euc. spec.</i> <input type="checkbox"/> ; <i>globoidea</i> <input type="checkbox"/> 1st <input type="checkbox"/> regrowth <input type="checkbox"/> ; other <input type="checkbox"/>										
Estimated forest stand age (years) <input type="checkbox"/>										
Density estimate 5 x 5 m <input type="checkbox"/> ; 10 x 10 m <input type="checkbox"/> ; ? x ? m <input type="checkbox"/>										
Further details <input type="checkbox"/>										
Height (m)		t1 <input type="checkbox"/>	t2 <input type="checkbox"/>	t3 <input type="checkbox"/>	t4 <input type="checkbox"/>	t5 <input type="checkbox"/>				
(t1 = tree closest to central point, t2-t10 = subsequent nearest neighbours)		t6 <input type="checkbox"/>	t7 <input type="checkbox"/>	t8 <input type="checkbox"/>	t9 <input type="checkbox"/>	t10 <input type="checkbox"/>				
Circ. BH (cm)		t1 <input type="checkbox"/>	t2 <input type="checkbox"/>	t3 <input type="checkbox"/>	t4 <input type="checkbox"/>	t5 <input type="checkbox"/>				
		t6 <input type="checkbox"/>	t7 <input type="checkbox"/>	t8 <input type="checkbox"/>	t9 <input type="checkbox"/>	t10 <input type="checkbox"/>				
Root exposure		t1 <input type="checkbox"/>	t2 <input type="checkbox"/>	t3 <input type="checkbox"/>	t4 <input type="checkbox"/>	t5 <input type="checkbox"/>				
(x (= yes) or height to soil (cm))		t6 <input type="checkbox"/>	t7 <input type="checkbox"/>	t8 <input type="checkbox"/>	t9 <input type="checkbox"/>	t10 <input type="checkbox"/>				
Land management										
Burning indicators:										
date last fire (dd/mm/yy)					crown damage full <input type="checkbox"/> partial <input type="checkbox"/> ; height burned stems (m) <input type="checkbox"/>					
REMARKS										
<div style="text-align: right;">102 <input type="checkbox"/></div>										

Anexo III – Formulário de Campo utilizado (Página 1)



Transect code: E-surv- -tr

CONCENTRATED FLOW PATHS absent ☐ present ☐

Simple Scheme for entire transect: (NB: mark measurement point of width and depth with number)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									
31																									
32																									
33																									
34																									
35																									
36																									
37																									
38																									
39																									
40																									
41																									
42																									
43																									
44																									
45																									
46																									
47																									
48																									
49																									
50																									

m1 & m2 = concentrated flow path closest to central point, upper and lower flow path section.
 m3 – m25 = at least 2 measurements per flow path and, preferably, 5 nearest paths on either side of central path

ZSC []

Anexo IV – Formulário de Campo utilizado (Pagina 2)

"Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro"

Width1 (cm)	m1 [	]	m2 [	]	m3 [	]	m4 [	]	m5 []
Width2 (cm)	m1 [	]	m2 [	]	m3 [	]	m4 [	]	m5 []
Depth (cm)	m1 [	]	m2 [	]	m3 [	]	m4 [	]	m5 []
Width1 (cm)	m6 [	]	m7 [	]	m8 [	]	m9 [	]	m10 []
Width2 (cm)	m6 [	]	m7 [	]	m8 [	]	m9 [	]	m10 []
Depth (cm)	m6 [	]	m7 [	]	m8 [	]	m9 [	]	m10 []
Width1 (cm)	m11 [	]	m12 [	]	m13 [	]	m14 [	]	m15 []
Width2 (cm)	m11 [	]	m12 [	]	m13 [	]	m14 [	]	m15 []
Depth (cm)	m11 [	]	m12 [	]	m13 [	]	m14 [	]	m15 []
Width1 (cm)	m16 [	]	m17 [	]	m18 [	]	m19 [	]	m20 []
Width2 (cm)	m16 [	]	m17 [	]	m18 [	]	m19 [	]	m20 []
Depth (cm)	m16 [	]	m17 [	]	m18 [	]	m19 [	]	m20 []
Width1 (cm)	m21 [	]	m22 [	]	m23 [	]	m24 [	]	m25 []
Width2 (cm)	m21 [	]	m22 [	]	m23 [	]	m24 [	]	m25 []
Depth (cm)	m21 [	]	m22 [	]	m23 [	]	m24 [	]	m25 []

width1= Upper part of path
width2= Down part of path

REMARKS

Anexo V – Formulário de Campo utilizado (Pagina 3)



EROSFIRE soil erosion features survey transect									
Transect code: E-surv- -tr -sp									
Date (dd-mm-yy)					Observers:				
Plot type 0.5x0.5m <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/>					Plot overview photo? No <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/>				
Plot slope angle (°)									
COVERS									
Cover* (%)	Thickness/Height (cm)		* = fill in pq's schemes						
Rock outcrop			Stones		size range (cm)				
Stones					concentrated <input type="checkbox"/> dispersed <input type="checkbox"/>				
Bare soil					remarks				
Ashes			Ashes		concentrated <input type="checkbox"/> dispersed <input type="checkbox"/>				
Litter					remarks				
Trees&treelets			Litter		concentrated <input type="checkbox"/> dispersed <input type="checkbox"/>				
(Dwarf)shrubs					remarks				
Herbs&ferns									
Ground-l veg									
Moss&lichens									
MICRORELIEF and SMALL-SCALE EROSION FEATURES (if phenomenon present: fill in pq's schemes)									
Surface crust: absent <input type="checkbox"/> present <input type="checkbox"/> typical thickness (mm)									
Concentrated flow paths: absent <input type="checkbox"/> present <input type="checkbox"/>									
width (mm)	m1	m2	m3	m4	m5				
depth (mm)	m1	m2	m3	m4	m5				
width (mm)	m6	m7	m8	m9	m10				
depth (mm)	m6	m7	m8	m9	m10				
Pedestals: absent <input type="checkbox"/> present <input type="checkbox"/>									
width (mm)	m1	m2	m3	m4	m5				
depth (mm)	m1	m2	m3	m4	m5				
width (mm)	m6	m7	m8	m9	m10				
depth (mm)	m6	m7	m8	m9	m10				
located under: stones <input type="checkbox"/> other <input type="checkbox"/>									
Soil mound under vegetation: absent <input type="checkbox"/> present <input type="checkbox"/>									
height (mm)	m1	m2	m3	m4	m5				
	m6	m7	m8	m9	m10				
Rain splash deposits: absent <input type="checkbox"/> present <input type="checkbox"/>									
Surface wash deposits: absent <input type="checkbox"/> present <input type="checkbox"/>									
type of material deposited:									
Soil height differences up vs. down slope of plants and boulders absent <input type="checkbox"/> present <input type="checkbox"/>									
delta height (mm)	m1	m2	m3	m4	m5				
	m6	m7	m8	m9	m10				
Pipes:	absent <input type="checkbox"/>	present <input type="checkbox"/>	max width (mm)		typical width (mm)				
Macropores:	absent <input type="checkbox"/>	present <input type="checkbox"/>	max width (mm)		typical width (mm)				
SOIL SURFACE MEASUREMENTS									
meas.1		meas.2		meas.3		meas.1		meas.2	
meas.3									
torvane size					Repelência (% ethanol)				
.. values					.. values				
SOIL TEXTURE SAMPLING									
0-5cm		5-10 cm		10-20 cm					
code=E/P-ser/surv-tr		-sp		-st1-d5 <input type="checkbox"/>		-st1-d10 <input type="checkbox"/>		-st1-d20 <input type="checkbox"/>	
REMARKS									

200

Anexo VI – Formulário de Campo utilizado (Página 4)

"Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro"

[illegible]

Anexo VII – Formulário de Campo utilizado (Pagina 5)

EROSFIRE soil erosion features survey transect (Only to Terraces)									
Transect code: E-surv- -tr -sp									
Date (dd-mm-yy)					Observers:				
Plot length x wide (m) [x]					Plot overview photo? No [] Yes []				
Plot terrace angle (°)					Terrace number/total terrace (bottom to up) [/]				
COVERS Cover* (%) Thickness/Height (cm) * = fill in pq schemes									
Rock outcrop						Stones		size range (cm)	
Stones								concentrated [] dispersed []	
Bare soil								remarks	
Ashes						Ashes		concentrated [] dispersed []	
Litter								remarks	
Trees&treelets						Litter		concentrated [] dispersed []	
(Dwarf)shrubs								remarks	
Herbs&ferns									
Ground-l veg									
Moss&lichens									
SMALL-SCALE EROSION FEATURES (if phenomenon present: fill in pq's schemes)									
Concentrated flow paths (on the side): absent [] present []									
width (mm) s1 []		s2 []		s3 []		s4 []		s5 []	
depth (mm) s1 []		s2 []		s3 []		s4 []		s5 []	
width (mm) s6 []		s7 []		s8 []		s9 []		s10 []	
depth (mm) s6 []		s7 []		s8 []		s9 []		s10 []	
Concentrated flow paths (on the bottom): absent [] present []									
width (mm) b1 []		b2 []		b3 []		b4 []		b5 []	
depth (mm) b1 []		b2 []		b3 []		b4 []		b5 []	
width (mm) b6 []		b7 []		b8 []		b9 []		b10 []	
depth (mm) b6 []		b7 []		b8 []		b9 []		b10 []	
Surface wash deposits: absent [] present []									
type of material deposited:									
SOIL SURFACE MEASUREMENTS									
Sample point distance (left to right) / 2.5m [] other []									
meas.1		meas.2		meas.3		meas.1		meas.2	
meas.3									
torvane size					Repelência (% ethanol)				
.. values					.. values				
SOIL TEXTURE SAMPLING 0-5cm 5-10 cm 10-20 cm									
code=E/P-ser/surv-tr		-sp		-st1 -d5 []		-st1 -d10 []		-st1 -d20 []	
REMARKS									

**Anexo VIII – Formulário de Campo utilizado no caso de se tratar de áreas com Terraços
(Pagina 6)**

"Cartografia de risco de erosão à escala de encosta, numa área recentemente ardida na região Centro"

[illegible]


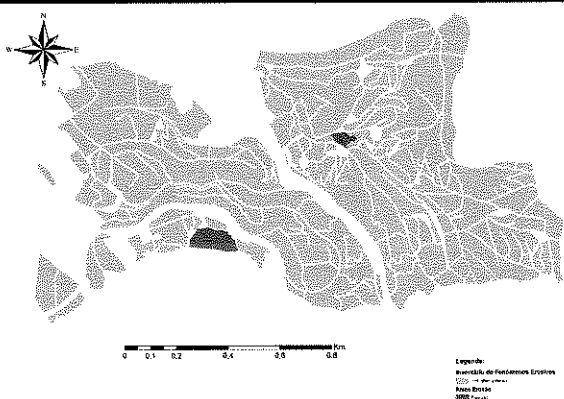
Anexo IX – Formulário de Campo utilizado no caso de se tratar de áreas com Terraços
(Pagina 7)

Anexo X – Resultados do inventário de fenómenos erosivos e respectiva classificação quanto ao risco de erosão.

Transectos	Inventário de escala superior				Inventário de micro-escala				Classes de risco de erosão	
	Reclassificação	Exposição de raízes (presença)	Rills (presença)	Área transversal rill (máximo verificado, cm ²)	Pedras (%presença)	Concentrated flow paths (%presença)	PeDESTais (%presença)	Surface wash deposits (%presença)		
E-surv-A7-tr006	A5		x	1495	100	60	Não realizado, classificação baseada na área do rill	20	40	XXII
E-surv-A2-tr001	A1		x	1275						XXI
E-surv-A4-tr002	A4		x	507			Não realizado, classificação baseada na área do rill			XX
E-surv-A8-tr011	A6		x	424			Não realizado, classificação baseada na área do rill			XIX
E-surv-A8-tr018	A6		x	375			Não realizado, classificação baseada na área do rill			XVIII
E-surv-A8-tr006	A8	x	x	163			Não realizado, classificação baseada na área do rill			XVII
E-surv-A8-tr004	A8	x	x	125	100	100	100	0	0	XVI
E-surv-A6-tr008	A6	x	x	34			Não realizado, classificação baseada na área do rill			XV
E-surv-A4-tr003	A4	x	x	0	100	100	0	67	0	XIV
E-surv-A4-tr006	A4		x	0	100	100	0	33	0	XIII
E-surv-A4-tr005	A4		x	0			Não realizado, classificação baseada na análise de fenômenos da classe A4			XIII
E-surv-A3-tr002	A3		x	0	100	100	0	33	0	XII
E-surv-A8-tr003	A8		x	0	80	40	0	0	0	XI
E-surv-A8-tr008	A6		x	0			Não realizado, classificação baseada na análise de fenômenos da classe A6			X
E-surv-A-ms1	A8	x		0	100	20	0	60	80	IX
E-surv-A7-tr002	A7	x		0	100	80	100	0	40	VIII
E-surv-A8-tr005	A8			0			Não realizado, classificação baseada na análise de fenômenos da classe A8			VII
E-surv-A8-tr009	A8			0			Não realizado, classificação baseada na análise de fenômenos da classe A8			VII
E-surv-A7-tr005	A7			0	100	80	80	0	60	VI
E-surv-A7-tr008	A5			0			Não realizado, classificação baseada na análise de fenômenos da classe A5			V
E-surv-A-ms2	A6			0	100	40	100	60	20	IV
E-surv-A6-tr003	A6			0	100	0	0	0	0	III
E-surv-A6-tr007	A6			0	80	20	60	20	40	II
E-surv-A2-tr005	A1			0	100	40	60	40	20	I
E-surv-A6-tr004	A1			0			Não realizado, classificação baseada na análise de fenômenos da classe A7			I


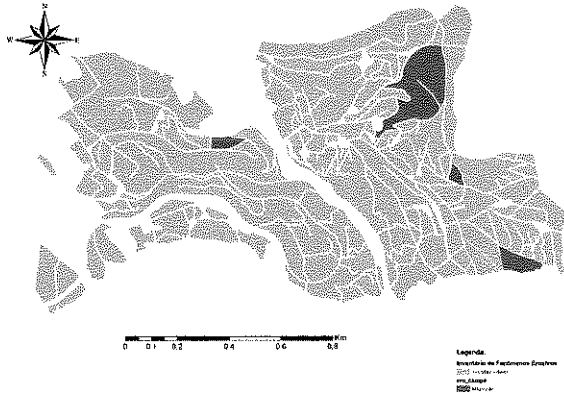
Fenómenos Erosivos Elevados

Anexo XI – Descrição de fenómenos erosivos elevados, quais as encostas em que se encontram, uma foto de fenómeno erosivo e localização de encostas.

Descrição dos Fenómenos	Encostas e características principais
<p>Apresenta caminhos preferenciais de água no meio da encosta, com as seguintes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundidades entre 10 e 30 cm; • Largura inferior entre 11 e 50 cm; • Largura superior entre 22 e 80 cm. <p>Outros caminhos preferenciais de tamanho inferior, surgem da periferia e juntam-se ao principal no final da encosta</p>	<p>Classes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A5 Sem Intervenção pós-fogo (Lavrada) • A1 Com Intervenção pós-fogo (Lavrada)
Foto descritiva	Localização
	


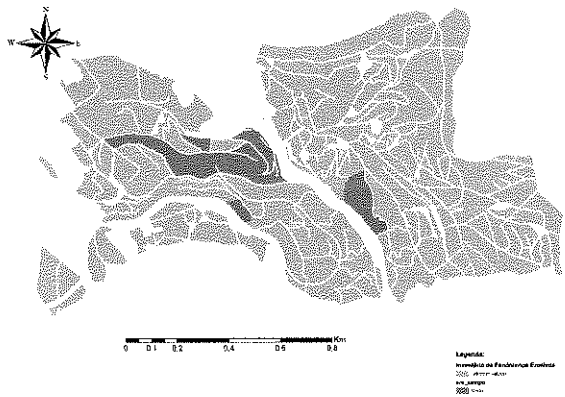
Fenómenos Erosivos Médios Altos

Anexo XII – Descrição de fenómenos erosivos médios altos, as encostas em que se encontram, uma foto de fenómeno erosivo e localização de encostas.

Descrição dos Fenómenos	Encostas e características principais
<p>Nos terraços surgem constantemente caminhos preferenciais na base do terraço ao longo deste e na passagem de um nível para o seguinte.</p> <p>Nas áreas sem qualquer intervenção existem caminhos preferenciais no meio da encosta no sentido de maior declive.</p> <p>Nas áreas lavradas os caminhos preferenciais tomam o sentido da lavragem (na maioria é no sentido do declive).</p>	<p>Classes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A4 Com Intervenção pós-fogo (Terraços) • A8 Sem qualquer intervenção • A6 Sem Intervenção pós-fogo (Lavrado)
Foto descritiva	Localização
	


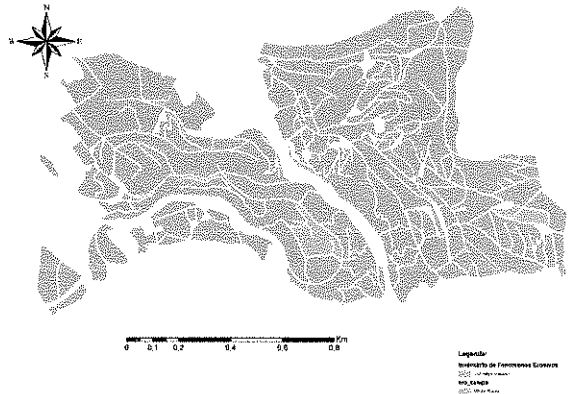
Fenómenos Erosivos Médios

Anexo XIII – Descrição de fenómenos erosivos médios, as encostas em que se encontram, uma foto de fenómeno erosivo e localização de encostas.

Descrição dos Fenómenos	Encostas e características principais
<p>Nos terraços apresentam caminhos preferenciais menos relevantes na base do terraço, e áreas de deposição e acumulação na lateral.</p> <p>Nas áreas sem qualquer intervenção, o solo apresenta muitas pedras à superfície.</p> <p>Nas áreas lavradas os caminhos preferenciais são reduzidos mas constantes (sentido lavragem)</p>	<p>Classes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A4 e A3 Com Intervenção pós-fogo (Terraços) • A8 Sem qualquer intervenção • A6 Sem Intervenção pós-fogo (Lavrado)
Foto descritiva	Localização
	


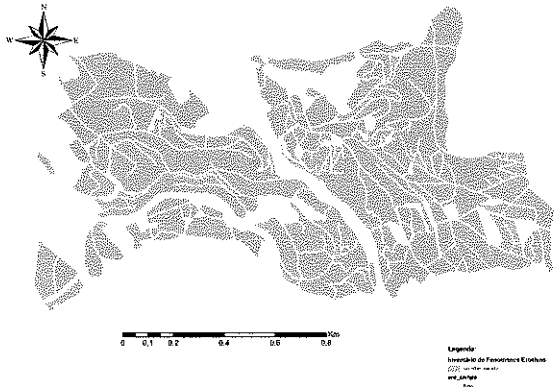
Fenómenos Erosivos Médios Baixos

Anexo XIV – Descrição de fenómenos erosivos médios baixos, as encostas em que se encontram, uma foto de fenómeno erosivo e localização de encostas.

Descrição dos Fenómenos	Encostas e características principais
<p>Locais não intervencionados que apresentam muitas pedras à superfície, visível a exposição de raízes e desnivelamento do solo na presença de vegetação e pequenos caminhos preferenciais de água (micro-escala).</p>	<p>Classes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A8 e A7 <p>Sem qualquer intervenção</p>
Foto descritiva	Localização
 <p>04-03-08 A7TR005 SPO2</p>	 <p>Legenda</p> <p>Superfície de Fenómenos Erosivos</p> <p>A7</p> <p>A8</p>

Fenómenos Erosivos Baixos

Anexo XV – Descrição de fenómenos erosivos baixos, as encostas em que se encontram, uma foto de fenómeno erosivo e localização de encostas.

Descrição dos Fenómenos	Encostas e características principais
Nas áreas sem intervenção apresentam-se muitas pedras à superfície e ocorre frequentemente a formação de pedestais.	Classes: <ul style="list-style-type: none">• A8 e A7 Sem qualquer intervenção
Nas áreas lavradas existe acumulação de folhas, ramos e observa-se a presença de cinzas nos vales do lavrado enquanto que no cume apresenta-se com muitas pedras.	<ul style="list-style-type: none">• A5 e A6 Sem Intervenção pós-fogo (Lavrada) <ul style="list-style-type: none">• A1 Com Intervenção pós-fogo (Lavrada)
Foto descritiva	Localização
	

UA / SD	
N.º	229216
Data	20/03/09
Cota	